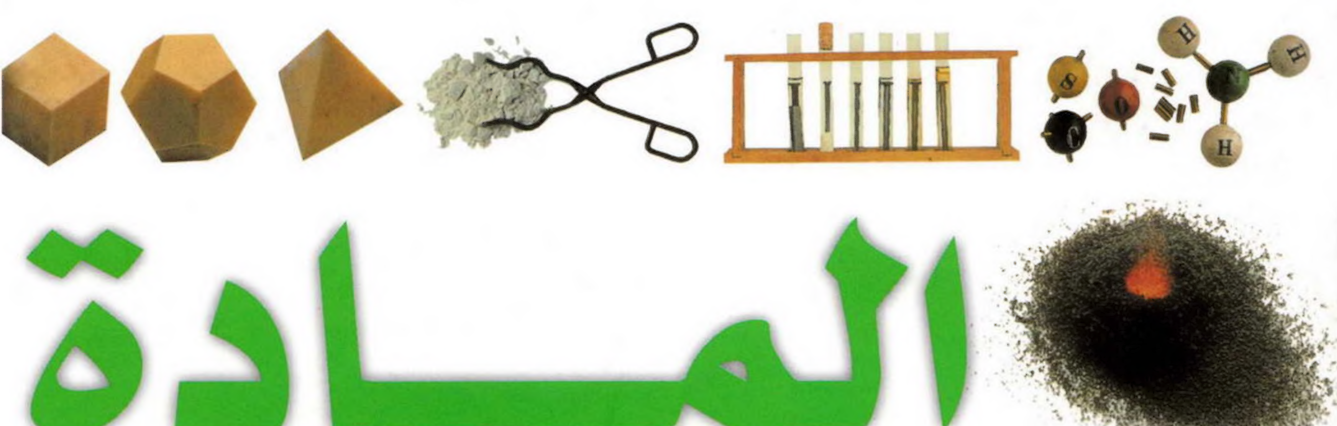
DK مشاهـدات علميـة



المــادة



اكتشف عالم المادة المذهل.. من الأفكار الأولى المتعلقة بالعناصر الأربعة وحتى الاكتشافات الذرية



مشاهدات علمية

المادة





قالب سهل الاستخدام
(قابل للفتح والغلق) من أجل صناعة
القوارير الصيدلانية (القرن التاسع عشر)

صناعة المعادن باستخدام
التحليل الكهربائى (منتصف
القرن التاسع عشر)

مركبات الثاليوم التى كشف عنها (كروكس)
وكذلك دفتر ملاحظاته (ستينيات القرن التاسع عشر)

الأسطوانة المعيارية
(القرن التاسع عشر)

نموذج لأحد الفيروسات
الغدية (القرن العشرون)

بلورات ثانى كرومات الأمونيوم

موقد بنزن مزود بمذراة
(القرن التاسع عشر)

الجرافيت



علب مواد كيميائية
(القرن التاسع عشر)



عملات معدنية رومانية
(القرن الثانى)



مشاهدات علمية

المادة

تأليف: كريستوفر كوبر

جهاز نقطة الغليان لـ (تيندال)
(ثمانينيات القرن التاسع عشر)

ملقط ومسحوق
أكسيد الكالسيوم

تسخين حجر الجير
(كربونات الكالسيوم)

نهضة مصر
للطباعة والنشر والتوزيع





علب مواد كيميائية
(القرن التاسع عشر)



مرآة مصرية
قديمة



ترمومتر (ليونز)
(القرن الثامن عشر)

اسم السلسلة: مشاهدات علمية

العنوان: المادة

تأليف: كريستوفر كوبر

ترجمة: طارق جلال محمد

إشراف عام: داليا محمد إبراهيم



'A Dorling Kindersley Book'
www.dk.com
Original Title :Eyewitness Guides: Matter

Published by arrangement with Dorling Kindersley Limited,
80 Strand, London WC2R0RL.

ترجمة كتاب Matter
تصدرها شركة نهضة مصر للطباعة والنشر والتوزيع
بترخيص من DK

عناصر من صندوق
أدوات اختبار اللهب
(القرن التاسع عشر)



موقد بنزن
(1872)



الترقيم الدولى: 7-3936-14-977 رقم الإيداع: 2007/15999 الطبعة 1: سبتمبر 2007

الإدارة العامة:
21 شارع أحمد عرابى - المهندسين - الجيزة
تليفون: 33466434 - 33472864 02
فاكس: 33462576 02

المركز الرئيسى:
80 المنطقة الصناعية الرابعة - مدينة 6 أكتوبر
تليفون: 38330287 - 38330289 02
فاكس: 38330296 02

مركز التوزيع:
18 شارع كامل صدقى - الفجالة - القاهرة
تليفون: 25909827 - 25908895 02
فاكس: 25903395 02

فرع الإسكندرية:
408 طريق الحرية - رشدى
تليفون: 5462090 03

فرع المنصورة:
13 شارع المستشفى الدولى التخصصى - متفرع من شارع عبد السلام عارف - مدينة السلام
تليفون: 2221866 050

Website: www.nahdetmisr.com
E-mail: publishing@nahdetmisr.com — customerservice@nahdetmisr.com

المحتويات



نموذج لتركيب الجزىء ومكوناته (القرن التاسع عشر)

ما المـــادة؟

كل ما هو موجود فى هذا الكون ـ بدايةً من أبعد النجوم إلى أصغر ذرات الغبار ـ يتألف من المادة التى تأخذ مجموعة متنوعة لا تصدق من الأشكال. ويمكن القول إنه منذ حوالى مائتى عام مضت كان الكثير من العلماء يعتبرون الحرارة نوعًا خاصًا من المادة. لكن أصبح من المعروف الآن أن الحرارة هى ببساطة عبارة عن حركة جسيمات المادة بالغة الصغر (انظر ص 38 ـ 39). والصوت هو الآخر عبارة عن نوع معين من حركة المادة. كما ينظر إلى أشكال الطاقة المتعددة مثل الطاقة الإشعاعية (على سبيل المثال، الضوء والموجات اللاسلكية والأشعة السينية) بشكل عام على أنها ليست من المادة، بالرغم من ارتباطها الوثيق للغاية بها. وثمة عنصر مشترك يجمع بين كل الأنواع المختلفة للمادة؛ ألا وهو الكتلة. ونعنى بذلك مقدار المادة الموجودة فى أى شيء، والتى تكشف عن نفسها فى شكل مقاومة لتحريك ذلك الشيء. على سبيل المثال، نجد أن الشاحنة تتمتع بكتلة أكبر من السيارة الدمية، كما أن تحريكها أصعب كثيرًا. ويجذب كل جزء من المادة فى هذا الكون كل جزء آخر من المادة إليه. ويشكل حجم المادة أهميةً؛ تتمثل فى أن الجزء الضخم يجذب إليه المواد الأخرى بقوة تفوق قوة جذب الجزء الصغير.

كون قابـل للاحتـواء

إن هذا المَرْبَى الزجاجى (مكان مغلق لتربية نباتات أو حيوانات صغيرة بغرض ملاحظتها) عبارة عن صورة مصغرة من عالم الكائنات الحية. فهو يحتوى على الحالات الثلاث للمادة: المواد الصلبة (انظر ص 12–13) والمواد السائلة (انظر ص 18–19) والمواد الغازية (انظر ص 20–21)، إضافةً إلى المواد المثيرة الموجودة فى عالم المادة.

عـالـم الأحـيـاء

فى إمكان المادة الحية (انظر ص 42–43) بكل صورها تنظيم ذاتها فى هيئة أشكال معقدة والتصرف وفق أساليب يصعب تفسيرها. وكان البعض يعتقد فيما مضى أن فى الإمكان السيطرة على المادة فى الكائنات الحية من خلال «مبدأ حيوى»، وهو نوع من القوى الروحية. لكن العلماء فى عصرنا الحالى يؤمنون بأن المادة الحية وغير الحية تخضع للقوانين ذاتها.

تتمدد النباتات إلى أعلى لتصل إلى الضوء

مـزج وفصـل المـادة

من الممكن عمل خليط من الحصى والرمل والماء (انظر ص 26–27) ثم فصله بسهولة عن بعضه فيما بعد. ويتألف كل عنصر من هذه العناصر الثلاثة من مواد أخرى متحدة ببعضها البعض بشكل أكثر قوةً ومن الصعب للغاية فصلها عن بعضها البعض. فالماء ـ على سبيل المثال ـ يتألف من اتحاد غازى الهيدروجين والأكسجين. ويُطلق على مثل هذا الاتحاد مترابط الجزيئات اسم المركب الكيميائى (انظر ص 26–27).

خليط من الحصى والرمل والماء

المـادة المعـدنيـة

توجد المعادن (الفلزات) (انظر ص 16–17) فى الصخور التى تعرف باسم الركاز (المعدن الخام). ويندر وجود المعادن فى صورتها النقية، لذا يتطلب الأمر فى العادة فصلها عن مصدرها الخام. وبمجرد أن يتم فصلها، فإنها تدمج فى الغالب مع مواد أخرى لتشكيل السبائك ـ وهى خليط من المعادن والمواد الأخرى.

الرصاص معدن يبدو صلبًا، لكنه يتشوه ببطء شديد مع مرور العقود



المحاليل والمواد الغروانية (شبه الغروية)

قد تذوب المواد في سائل أو مادة صلبة، مشكلةً بذلك المحاليل، فهى تمتزج بشكل تام مع السائل أو المادة الصلبة، منقسمة إلى مجموعات من ذرات قليلة أو حتى إلى ذرات منفردة (وهذه هى أصغر الجسيمات الموجودة للمادة فى العادة (انظر ص34–35). وتتألف المادة الغروانية (ص24–25) من جسيمات من المادة أكبر حجمًا تمتزج فى المادة الصلبة أو السائلة أو الغازية امتزاجًا معلقًا دون ذوبان.

الزجاج مادة شفافة

عـالـم الغـازات

عندما تنفصل جسيمات أى مادة عن بعضها البعض، تتحول هذه المادة إلى غاز. وفى هذه الحالة لا يكون لها شكل محدد، لكنها تتمدد لتملأ أى حيز متـاح. وقد كـان الهـواء (أغلبيتـه خليـط من غـازى النتروجين والأكسجين) أول غاز يدرك الإنسان وجوده. وقد مرت قرون كثيرة قبل أن يدرك العلماء وجود غازات أخرى بالإضافة إلى الهواء. ويرجع ذلك إلى تشابه الغازات؛ فهى فى الأغلب عديمة اللون وشفافة.

يحدث التكاثف نتيجة لتبريد جزيئات بخار الماء وتحولها إلى سائل

المـادة السائلـة

تتألف السوائل – مثلها مثل الغازات – من مادة يمكنها التدفق والتحرك. لكن على عكس الغازات، فإن هذه المـادة تستـقـر فى قـاع أى إنـاء. ونستطيع أن نقول إن جميع المواد تقريبًا تتحول إلى سوائل عند درجات حرارة معينة. ويُعد الماء أكثر السوائل أهميةً للكائنات الحية، إذ يتكون معظم جسم الإنسان من الماء؛ فهو يشكل معظم الدم البشرى الذى ينقل المواد الغـذائيـة الذائبـة والفضلات حول الجسم.

تتألف هذه الفراشة من ملايين التنويعات من أشكال المادة الحية على الأرض

يشتمل الماء على غازى الأكسجين وثانى أكسيد الكربون الذائبين المستمدين من الهواء

الأجسام الصلبة

لا يمكـن للمعدن والزجاج (انظر ص24–25) اللذين يشكلان جزءًا من هذا المَرْبَى أن يصنعا وعاء لأنواع من النبات والحيوان إذا لم يكن لهما شـكـل ثـابت. وتُعرف المـادة التى تحتفظ بشكل محدد بالمادة الصلبة. ومع هذا، فإن معظم المواد الصلبة تفقد شكلها إذا تعرضت للتسخين بشكل كاف يؤدى إلى تحولها إلى سائل أو غاز.

تحتفظ المواد الصلبة مثل الصخور بشكل محدد لها

أفكار الإغريق عن المادة

خاض فلاسفة الإغريق القدماء مجادلات قوية حول طبيعة المادة، وخلصوا إلى أن هذا التعقيد الظاهرى الذى ميز العالم فى حقيقة الأمر فى غاية البساطة. وقد اقترح طاليس (حوالى عام 600 قبل الميلاد) أن جميع أشكال المادة تتألف من الماء. أما إمبيدوقليس (القرن الخامس قبل الميلاد) فقد رأى أن جميع أشكال المادة تتألف من أربع مواد - أو عناصر - أساسية هى: التراب والماء والهواء والنار ممتزجة بنسب متباينة. وفى القرن التالى، أضاف أرسطو لهذه العناصر عنصرًا خامسًا من السماء، هو الأثير (وهو عنصر كان ينظر إليه القدماء على أنه يملأ الفضاء وتتألف منه النجوم والكواكب). وعلى الجانب الآخر، قدم ليوسيبس (فى القرن الخامس قبل الميلاد) نظرية أخرى مفادها أن ثمة نوعًا واحدًا فقط للمادة. فقد اعتقد أنه إذا تم تقسيم المادة بشكل متكرر، فإن المحصلة النهائية ستتمثل فى جزء من المادة غير قابل للتقسيم أو التجزئة. بينما أطلق تلميذه ديموقريطس (حوالى عام 400 قبل الميلاد) على تلك الأجزاء من المادة التى لا تقبل التجزئة اسم (الذرات atoms) (انظر ص34-35)، والتى تعنى «غير القابلة للتقسيم». لكن أرسطو - الذى لم يؤمن بالذرات - كان الفيلسوف الأكثر تأثيرًا خلال الألفى سنة التالية، وكانت لأفكاره المتعلقة بالعناصر الغلبة والانتشار.

العناصر الأربعة فى زند الخشب

كانت فكرة الفيلسوف إمبيدوقليس عن العناصر الأربعة مرتبطةً بخواص بعينها. فقد كان التراب جافًا وباردًا، والماء رطبًا وباردًا، والنار حارةً وجافةً والهواء حارًا ورطبًا. ويمكن رؤية جميع العناصر الأربعة فى صورة زند الخشب المحترق فى الأسفل، كان إمبيدوقليس يعتقد أنه عند تحول مادة ما إلى مادة أخرى - كزند الخشب المحترق الذى ينبعث منه الدخان، ويتسرب منه النسغ (العصارة المغذية فى أوعية النباتات) وينتج فى النهاية الرماد - فإن العناصر التى تكون زند الخشب تنفصل أو تتحد من جديد مع بعضها البعض تحت تأثير قوتين. وقد تمثلت هاتان القوتان فى الحب (قوة الاتحاد) والكراهية أو التنافر (قوة الانفصال).

الفيلسوف إمبيدوقليس

طمس المعالم

انمحت أجزاء التصميم الموجود على العملة المعدنية

اعتقد الفلاسفة القدماء أنه عندما تبلى أشياء مثل العملات المعدنية والتماثيل وتصبح ملساء مجردةً من معالمها بمرور الزمن، فإنها كانت تفقد جسيمات بالغة الصغر وغير مرئية من المادة.

سائل زند الخشب

اعتقد الفيلسوف إمبيدوقليس أن جميع السوائل - حتى غليظ القوام منها مثل النسغ الذى يتصبب من زند الخشب المحترق - تتألف أساسًا من الماء. كما نادت نظريته أيضًا بأن الكميات الصغيرة من العناصر الأخرى ستظل دائمًا مختلطةً بالعنصر الرئيسى.



نموذج الماء

اعتقد أفلاطون (فى القرن الرابع قبل الميلاد) أن الماء يتكون من «العشرينى الوجوه»، وهو شكل مجسم يتألف من عشرين وجهًا مثلث الشكل.

نموذج التراب

كان أفلاطون يعتقد أن ذرات التراب عبارة عن مكعبات يمكن تكديسها بإحكام معًا للحصول على الصلابة والقوة.

من الرماد وإلى الرماد

تفترض نظرية العناصر أن الرماد والجمرات غير كاملة الاحتراق تألفت فى الأساس من عنصر التراب، مع القليل من عنصر النار. ومع نهاية عملية الاحتراق، لم تكن هناك نيران كافية لإنتاج المزيد من الرماد، لكن بعض النيران تبقت لفترة وجيزة فى شكل حرارة. وعليه، فقد اعتقد الإغريق بوجود نزعة طبيعية للركود أو الهبوط ميزت عنصرى التراب والماء.

الذرات العنصرية

طور الفيلسوف ديموقريطس نظريته الخاصة بالذرات وأدمجها مع نظرية العناصر. وكأفلاطون، اعتقد ديموقريطس أن هناك أربعة أشكال فقط للذرة، شكل واحد لكل عنصر. كما كان مناهضًا للمعتقدات الدينية التى سادت فى عصره، مدعيًا أن الذرات تتحرك بشكل عشوائى وأنه ليست ثمة آلهة تتحكم فى الكون.



العناصر الخمسة للمادة

يقف الرجل الموجود فى هذا النقش على كرتين، تمثلان التراب والماء، ويحمل الهواء والنار فى كلتا يديه. بينما نجد أن الشمس والقمر والنجوم تتألف من الأثير؛ العنصر الخامس.

نموذج الهواء

تَمَثَّل نموذج أفلاطون لذرة الهواء فى شكل مجسم ثُمانى الأوجه.

يتكون الدخان فى معظمه من عنصر الهواء، بالإضافة إلى بعض من عنصر التراب الذى يأخذ شكل سناج ممتزج به

لا دخان بلا نار

عندما يتعرض جزء من المادة للاحتراق، كان يُعتقد أن عنصر الهواء بداخلها ينطلق فى شكل دخان. فقد اعتقد الإغريق أن الهواء - تمامًا كالنار - يتمتع بنزعة طبيعية للارتفاع.

نموذج النار

وفقًا لأفلاطون، فإن ذرة النار كانت عبارة عن شكل مجسم ذى أربعة جوانب عرف باسم الرباعى الأسطح.

اختراق اللهب

من الممكن رؤية عنصر النار بوضوح تام فى اللهب والشرارات، لكن الإغريق كانوا يعتقدون أن كل المواد تنطوى فى داخلها على بعض من عنصر النار. ويتميز نموذج أفلاطون لذرة النار بأنه حاد ومدبب. ويرجع هذا إلى أن الحرارة بدت قادرةً على اختراق كل جزء من المادة فعليًا.

يتألف اللهب والشرارات من عنصر النار

اكتشاف المادة

تغيرت قليلاً الأفكار المتعلقة بالمادة وسلوكها منذ مئات السنين. بيد أن «الفلاسفة الطبيعيين» فى أوروبا خلال القرنين السادس عشر والسابع عشر راجعوا النظريات القديمة المتعلقة بالمادة ثانيةً. فقد قاموا باختبار هذه النظريات ـ مع بعض الأفكار الجديدة التى كانت تتعلق بسلوك المادة ـ من خلال التجارب وعمليات البحث والاستقصاء، بالإضافة لاستخدامهم الميكروسكوب والتليسكوب اللذين كانا قد اخترعا حديثًا آنذاك، وذلك لمعاينة المادة عن قرب. ومن ثم، فقد أصبحت القياسات أكثر دقةً عن ذى قبل. وكانت أخبار الاكتشافات تنتشر بين الناس بفضل آلة الطباعة. وعليه يمكن القول إن الثورة العلمية بدأت عند هذه النقطة من التاريخ.

يتم تنظيم عملية تدفق حبات الرمال من خلال القناة الزجاجية الضيقة

الساعة الرملية

كانت الساعة الرملية أداةً بسيطةً مكنت العلماء من حساب سرعة سقوط الأشياء، أو المدة الزمنية التى استغرقها تفاعل المواد الكيميائية. ولم يكن فى الإمكان التوصل إلى أساليب أكثر دقةً لقياس الوقت إلى أن تم ابتكار أول ساعة تعمل بالبندول وذلك فى عام 1657.

العمل فى المعمل

يوضح هذا المعمل الذى يعود إلى القرن السابع عشر بعضًا من العمليات التى كان يستخدمها «الفلاسفة الطبيعيون» فى اكتشاف المادة.

تسخين وتبريد المادة

كشفت التجارب المعملية المبكرة جدًا عن تأثيرات تسخين أو تبريد المادة. وقد ابتكر فيلو البيزنطى المكشاف الحرارى الرصاصى حوالى عام 250 قبل الميلاد. وعند تسخين الكرة الموجودة على اليسار، فإن الهواء الذى بداخلها يتمدد ويشق طريقه إلى أعلى الأنبوب المغموس فى الماء على اليمين. ولو كانت حرارة التسخين قويةً بدرجة كافية، فإن فقاعات الهواء تهرب إلى أعلى. وعند تبريد هذه الكرة، فإن ما بها من هواء يتقلص ويُسحب الماء ثانيةً عبر الأنبوب.

عدسة المجهر (العينية)

فقاقيع هواء بالغة الصغر

تركيب المكشاف الحرارى الذى ابتكره فيلو

كرة الرصاص مليئة بالهواء

يتم وضع الشىء المراد رؤيته على الزجاج

كرة زجاجية تحتوى على الماء

مقياس مدرج منقوش عليه علامات للقياس

العدسة الصغيرة تركز الضوء

المرآة المائلة

أعجوبة صغيرة

بدأت أجهزة الميكروسكوب تفتح آفاق عالم الدقائق (الأشياء والكائنات الدقيقة) منذ منتصف القرن السادس عشر وما تلاه. وفى منتصف القرن السابع عشر، اكتشف أنتون فان ليفينهوك أن قطرةً واحدةً من ماء البركة قد تحتوى على 8 ملايين كائن ميكروسكوبى لا يرى بالعين المجردة، لكنها كائنات ونباتات معقدة التركيب. وقد ابتكر إدموند كولبيير هذا الميكروسكوب الأكثر تطورًا فى لندن عام 1728 تقريبًا. وقد استخدم فى هذا الميكروسكوب مرآة مائلة ـ يمكن ملاحظتها فى أسفل الميكروسكوب ـ بهدف عكس الضوء على العينة الموضوعة فوقها على الزجاج.

صورة مكبرة لخنفساء الموت (خنفساء تنقر الخشب وتحدث صوتًا كان يعتبر نذيرًا بالموت)

علامات من أجل القياس

تتضمن عمليات البحث العلمى فى الغالب قياس كمية محددة من السائل. وتشتمل هذه الأسطوانة المعيارية الطويلة على مقياس مدرج مكون من علامات دقيقة من أجل هذا الغرض، بينما تظهر على زجاجة الثقل النوعى علامة واحدة فقط فى غاية الدقة. وعند وزن السائل بداخلها، يمكن فى هذه الحالة حساب كثافته.

علامة دقيقة واحدة

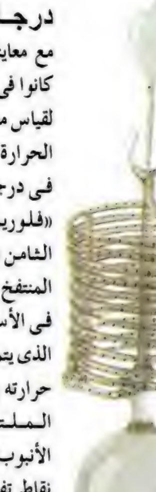


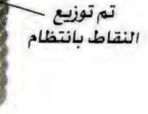
التطـورات العلميـة

كان الفيلسوف الإنجليزى فرانسيس بيكون (1561–1626) يأمل فى أن يسهم العلم الحديث فى زيادة رفاهية الإنسان. وقد مثل كتابه «أطلنطس الجديدة» الذى صدر فى عام 1626 تصوره لمجتمع خيالى – أو بالأحرى مدينة فاضلة – تقوم الحكومة فيه بتنظيم مجموعات من العلماء لإجراء الأبحاث العلمية واستخدام النتائج المتمخضة عنها فى تطوير الصناعة.

درجـات الدقـة

مع معاينة العلماء للمادة عن قرب، كانوا فى حاجة إلى أساليب أكثر دقة لقياس ما شاهدوه. وقد ابتكر ميزان الحرارة هذا – أداة لقياس التغيرات فى درجة الحرارة – فى مدينة «فلورينس» بإيطاليا فى القرن الثامن عشر. ويحتوى الجزء المنتفخ من هذه الأداة والواقع فى الأسفل على الكحول، الذى يتمدد عندما ترتفع درجة حرارته ويتحرك عبر الأنبوب الملتف. ويحمل هذا الأنبوب علامات عبارة عن نقاط تفصل بينها مسافات متساوية.







الكيميـاء القديمـة

قبل الثورة العلمية التى شهدها القرن السابع عشر، كانت الكيمياء القديمة (الخيمياء) هى أقرب منهاج للدراسة النظامية للمادة. وكانت الكيمياء القديمة تدرس بشغف فى مصر والصين والهند منذ بداية القرن الثانى قبل الميلاد على أقل تقدير، وقد وصل هذا العلم من الشرق الأوسط إلى القارة الأوروبية فى نهاية المطاف. وقد اكتسب علماء الكيمياء القديمة الكثير من المعارف من المهارات العملية للصباغين وصناع الأدوات المعدنية، كما أفادوا كثيرًا من أفكار المشتغلين بالتنجيم. وقد حاول هؤلاء الخيميائيون – دون جدوى – تحويل المعادن «الخسيسة» مثل الرصاص إلى معادن «نفيسة» كالفضة أو الذهب. وقد وصفت هذه السلسلة من العمليات باعتبارها «قتلا» للمعدن ثم «بعثًا» له من جديد. كما سعى علماء الكيمياء القديمة إلى ابتكار إكسير الحياة؛ وهو عبارة عن جرعة زعموا أنها كانت تمنحهم سر الحياة الأبدية.



البحث عـن الذهـب

استخدم علماء الكيمياء القديمة جميع أنواع الأدوات العلمية والعمليات الكيميائية فى سعيهم الغامض وراء الذهب. وقد تخيل شكل المعمل البادى فى الصورة بالأعلى رسام فى القرن التاسع عشر.

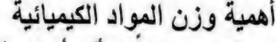


يوضع الإنبيق،
الذى يشبه الصنبور
، على وعائه

الإنبيق ووعاؤه

المـادة النقيـة

كان علماء الكيمياء القديمة يستخدمون الإنبيق وأوعيته (أدوات كيميائية للتقطير) فى تصفية السوائل. ومع تسخين وعاء الإنبيق، فإن بخار السائل الموجود بداخله يتصاعد إلى أعلى ثم يبرد ويتكثف. ثم يقطر السائل النقى من الإنبيق ويتم تجميعه بعد ذلك.



أهمية وزن المواد الكيميائية

تعد الموازين واحدةً من أكثر أدوات القياس أهميةً. على هذا الميزان الصينى يتم تحريك الثقل على امتداد الذراع الأطول إلى أن يوازن الجسم الموجود فى كفة الميزان. ويمتاز هذا الأسلوب الهام بأنه سريع ومريح ودقيق إلى حد ما. ولم يدرك الكيميائيون أهمية عملية الوزن الدقيق للمواد الداخلة فى التفاعل الكيميائى فى فهم العمليات التى تتم حتى القرن السابع عشر.



الثقل الموازن المركب

ثقل إغريقى
من الرصاص

المادة الصلبة

منذ أن بدأ البشر فى مراقبة العالم من حولهم بعناية، قاموا بتقسيم المادة إلى ثلاث حالات رئيسية، المواد الصلبة، والسوائل (ص18–19)، والغازات (ص20–21). يحتفظ أى جزء من المادة الصلبة بشكل محدد تمامًا، على عكس السائل أو الغاز. ودائمًا ما يتطلب تغيير شكل المادة الصلبة قدرًا معينًا من القوة، التى قد تكون كبيرة أو صغيرة. فإذا تعرضت المادة الصلبة للضغط أو الشد قد يتغير حجمها (ونعنى هنا مقدار الحيز الذى تشغله المادة) لكن هذا التغير بصفة عامة لا يكون كبيرًا للغاية. وعند تسخين المواد الصلبة، يتحول معظمها إلى سائل ثم إلى غاز وذلك مع بلوغها درجات حرارة أعلى. ومع هذا، فإن بعض المواد الصلبة ـ مثل حجر الجير (ص36–37) ـ تتحلل عند تسخينها. وتعد البلورات (ص14–15) والمعادن (ص16–17) من أكثر أنواع المواد الصلبة أهميةً.



ترابط الذرات فى مكانها

كما هو الحال فى معظم المواد الصلبة، فإن الذرات (ص34–35) الموجودة فى مخطط الملح هنا متماسكة مع بعضها البعض بقوة وثابتة فى مكانها وتشكل شكلاً منتظمًا.

القوة الصلبة

يتكون النحاس الأصفر ـ الذى هو عبارة عن خليط من المعادن أو ما يسمى سبيكة (ص16–17) ـ من النحاس والزنك. ويُستخدم فى عمل حلقة البوصلة الدوارة وحلقة الاستحكام والمحور. ويتميز النحاس الأصفر بقوته؛ لذا، فلن تبلى دعامات الحلقة المتشابكة بسرعة. ومثل الكثير من المعادن، فإن النحاس الأصفر ليس مغناطيسيًّا، ولذلك فلن يتداخل مع عمل إبرة البوصلة.

خواص المواد الصلبة

مثل معظم الأشياء الصناعية، تحتوى هذه البوصلة الملاحية التى تعود للقرن التاسع عشر على أنواع عديدة من المواد الصلبة. ولقد تم تفكيك أجزاء البوصلة وعرضها على امتداد هاتين الصفحتين للكشف عن أربع من المواد الصلبة التى تشتمل عليها؛ المعدن وقرص البوصلة والخشب والزجاج. وقد اختيرت جميع المواد الصلبة التى توجد فى البوصلة لما تتمتع به من خواص مميزة ومتنوعة.

البوصلة الملاحية فى صندوقها الخشبى الواقى

صناعة المغناطيس

يعتقد أن قدماء الصينيين هم أول من صنعوا المغناطيس. فقد اكتشفوا إمكانية مغنطة الحديد من خلال تسخينه إلى درجة التوهج ثم تبريده فى أثناء محاذاته لاتجاه شمالى ـ جنوبى.

الاهتداء إلى الطريق

أسفل قرص البوصلة يوجد مغناطيس يتكون من حديد أو صخر يطلق عليه اسم حجر المغناطيس. وتجذب قطع المغناطيس بعضها بعضًا أو تتنافر مع بعضها، كما أنها تستجيب لمغناطيسية قطبى الكرة الأرضية. وتميل قطع المغناطيس إلى التأرجح فى خط شمالى ـ جنوبى إذا كانت حرة الحركة. وتوضح البوصلة للبحار الزاوية الواقعة بين اتجاه السفينة والاتجاه الشمالى ـ الجنوبى للمغناطيس.

الحجم والقوة



درس العالم جاليليو جاليلى (1564-1642) قوة المواد وأوضح أن ثمة حدًّا لحجم حيوانات اليابسة. فإذا تضاعف حجم أكبر الديناصورات، فستصبح عظامه بطبيعة الحال أضخم وأقوى. مع هذا، فإن الزيادة فى وزن الديناصور ستكون أعظم وتفوق قدرة العظام على احتمالها مما يؤدى إلى تكسرها.

المرونة (القابلية للتمدد)



تمتاز الكثير من المواد الصلبة بأنها مرنة قابلة للتمدد، فهى تعود إلى شكلها الأصلى بعد شدها أو ضغطها. فعلى سبيل المثال، من الممكن شد الشريط المطاطى (الأستيك) لمسافة تزيد على ضعفى طوله ثم يعود إلى طوله الأصلى. إلا أنه عند تغيير شكل مادة صلبة بدرجة كبيرة للغاية فإن شكلها قد يتغير بشكل دائم.



عنصر الشفافية

من الضرورى أن يكون الجزء الأمامى من البوصلة شفافًا وقويًا. لهذا، فهو يصنع من الزجاج الذى هو مادة وسط بين المواد الصلبة والسائلة (ص24-25). وقد يبدو الزجاج صلبًا، لكن مع مرور مئات السنين فإنه يتشوه تدريجيًا. وتعوق معظم المواد الصلبة مرور الضوء عبرها تمامًا، لكن أنقى أنواع الزجاج يمتص قدرًا قليلاً من الضوء المار خلالها.

خواص الخشب

يجب أن يكون الصندوق الواقى للبوصلة قويًا وصلبًا (للحفاظ على الشكل المحدد له). وللخشب الكثير من الخواص المختلفة؛ فالخشب المستخدم فى صناعة هذا الصندوق قوى وقادر على البقاء لفترة طويلة. لكنه فى الوقت ذاته رقيق وخفيف بدرجة كافية لسهولة تعامل الأدوات المعدنية معه، ومن الممكن نحته لتشكيل وعاء مصقول.



نطاقات رؤية مختلفة

تتيح المواد الشفافة رؤيةً واضحةً وغير مشوهة عبرها، كما هو الحال فى الواجهة الزجاجية لساعة اليد. أو من الممكن تشكيلها ـ بصورة مقصودة ـ للمساعدة فى منحنا رؤيةً أكثر وضوحًا كما هو الحال فى النظارات الطبية.

من المواد الهشة إلى المواد الصلبة



قام العلماء بتقسيم المواد الصلبة وفقًا لدرجة صلادتها ـ على مقياس مدرج يتراوح من واحد إلى عشرة سمى مقياس «موز» نسبة إلى العالم فريدريك موز (1773-1839). وهذه المواد الصلبة جميعها معادن (أو يزعم أنها كذلك نظرًا لأنها تستخرج من باطن الأرض من خلال التعدين). ويُعد معدن الطلق أقل المعادن صلادة إذ يحتل المرتبة الأولى على المقياس، بينما الماس أكثرها صلادة محتلاً المرتبة العاشرة. ونستطيع القول إن أى مادة صلدة على هذا المقياس تخدش المادة الأقل منها صلادة، وهى نفسها تُخدش بفعل أى مادة أخرى تفوقها صلادة.

نقاط اتجاه البوصلة

مؤشرات البوصلة الورقية

تطبع نقاط البوصلة على ورقة أو على قرص البوصلة. وتتم صناعة الورق من خلال استخراج لب الخشب ومعالجته بشكل يجعله ناعمًا ومرنًا. ويتألف الورق من عدد لا حصر له من الألياف وهو قادر على امتصاص الحبر بشكل جيد لأن الحبر يستقر فى الفراغات الواقعة بين الألياف.

عالم البلورات

لطالما كان ينظر للبلورات بإعجاب وولع منذ العصور القديمة. فهى دائمًا تمتاز بجمالها الطاغى كما أن أشكالها تتنوع تنوعًا كبيرًا، لكن جميع أشكال البلورات تنتمى إلى ستة أنواع رئيسية فقط. ويرجع الشكل المنتظم لكل بلورة إلى ترتيب الذرات بداخلها (ص34–35). وبمساعدة الميكروسكوبات عالية القدرة، فإن الكثير من الأشياء والمواد التى تبدو للعين المجردة ذات أشكال غير منتظمة ـ مثل الرواسب الكلسية ومعظم المعادن ـ قد تظهر فى الواقع كتلاً من بلورات دقيقة منتظمة الشكل. الكثير من البلورات تشكل قيمةً كبيرةً فى مجال الصناعة، وبعضها مثل الكوارتز (الذى يستخدم فى صناعة ساعات اليد) والسيليكون (المستخدم فى صناعة أجهزة الكمبيوتر) يمكن صناعته فى المعمل.

المياه المتحجرة

الرواسب الهابطة فى الأساس عبارة عن حجر الكلس (الجير)، وقد تكونت من قطرات المياه المتساقطة على مدار قرون. وقد نظمت الذرات داخل حجر الكلس نفسها فى أنماط بلورية منتظمة.

المجموعات الهندسية الست

كان آبى رينيه هوى (1743–1822) أحد أوائل العلماء الذين كشفوا عن أن أشكال البلورات تندرج تحت ست مجموعات هندسية. وقد أوضح كيفية تكوينها من خلال تكديس وحدات متماثلة فى أشكال منتظمة.



مدينة الزمرد

تستخدم البلورات فى الغالب كرموز للكمال والقوة. وتظهر مدينة الزمرد السحرية فى فيلم «ساحر أوز» الذى تم إنتاجه عام 1939.

يكون الترمالين بلورات طويلة ودقيقة ذات مقطع عرضى مثلث الشكل وله زوايا مستديرة

البلورات الطويلة

تم العثور على بلورات من حجر الترمالين يصل طولها إلى ثلاثة أمتار (10 أقدام). ومن الممكن أن تكتسب هذه البلورات مجموعةً متنوعةً من الألوان، كما أنها تحظى بقيمة عالية كأحجار كريمة. وعند تسخينها، فإن أحد طرفى بلورة الترمالين يصبح ذا شحنة موجبة، بينما يصبح الطرف الآخر ذا شحنة سالبة.

مكعبات متماثلة

المكعبات البلورية

استخدم آبى هوى النماذج الخشبية مثل هذا النموذج ثُمانى الأوجه فى تفسير كيفية تشكل البلورات. وقد تم ترتيب الوحدات مكعبة الشكل لهذا النموذج البلورى على هيئة طبقات مربعة، كل واحدة منها أكبر من سابقتها بمقدار «حد» إضافى من المكعبات.

تكونت البلورات إبرية الشكل حيث تصلب الخليط المعدنى ببطء

برد الجزء الخارجى من البزموت سريعًا وكوّن بلورات ميكروسكوبية

بلورات الكبريت الصفراء

برد الجزء الخارجى من الخليط المعدنى سريعًا وكوّن عددًا قليلاً من البلورات

الخليط المعدنى

إن البلورات الرفيعة المدببة الموضحة فى الصور هى عبارة عن سبائك (ص16–17) من النحاس والألومنيوم.

الكبريت الأصفر

تتكون بلورات الكبريت المسطحة عند درجات حرارة منخفضة. بينما تأخذ شكلاً إبريًا عند تعرضها لدرجات حرارة مرتفعة.

بلورات تكونت حيث تصلب المعدن ببطء

البزموت الشبيه بالصندوق

داخل هذه القطعة من البزموت (عنصر فلزى) توجد «أعشاش» دقيقة من الصناديق البلورية التى تشكلت نتيجة للتصلب البطء للمعدن.



الأراجونايت المدهش

توجد بلورات الأراجونايت فى الكهوف الجيرية والينابيع الساخنة. وتأخذ هذه البلورات أشكالاً كثيرةً، مثل الألياف أو الأعمدة أو الإبر. وعادةً ما تكون بيضاء أو صفراء أو خضراء أو زرقاء اللون.

الذرات البيضاوية

فى هذا النموذج الذى وضعه وُلاستون، نجد أنه تخيل ذرات البلورة فى شكل بيضاوى. فكل واحدة منها تحيطها ست ذرات متجاورة على الجوانب، وهو ما يشكل طبقةً أفقيةً قويةً.

الطبقات الحرة

إذا كانت الذرات الموجودة داخل البلورات كروية الشكل، فقد أدرك العالم وُلاستون أنه قد يكون لها ذرات مجاورة من جميع الجوانب. ولن تشكل عندئذ تلك الطبقات القوية كما هى ذرات الأشكال الأخرى الموضحة هنا.

توضيح بنية البلورات

أسهم العالم ويليام هايد ولاستون (1766–1828) بإسهامات مهمة فى علم البلوريات (وهو العلم المهتم بدراسة البلورات). فقد أدرك أن البلورة مكعبة الشكل ـ على سبيل المثال ـ لا تتكون بالضرورة من مكعبات. لكنها قد تكون تجمعت من ذرات لأشكال أخرى كما هو الحال فى نماذجه الخشبية الموضحة فى هذه الصفحة. ويمكن القول إن العلماء صاروا على يقين الآن من أن الذرات يمكنها أن تأخذ أشكالاً فى غاية التعقيد عندما تتحد معًا.

الذرات المسطحة

اعتقد وُلاستون أنه إذا كانت ذرات البلورة مسطحة، فإنها سترتبط ببعضها بقوة أكبر فى نقاط تلامس أوجهها المسطحة، وفى هذه الحالة، قد تشكل أعمدةً أو أليافًا.

تمتاز بلورات اللازورد بكثرة النتوءات بها

تنظيم البلورات السائلة

ثمة بعض البلورات التى تأخذ شكلاً سائلاً. ومن الممكن ترتيب الجسيمات داخل السائل بشكل مؤقت فى شكل صفوف منتظمة وذلك عند تعريضها لتيار كهربائى أو مغناطيسى. تظهر هذه البلورات السائلة الموضحة هنا تحت عدسة الميكروسكوب الإلكترونى. ويؤثر السائل على الضوء تأثيرًا مختلفًا عند تشكل البلورات وقد يتغير من الحالة الشفافة إلى الحالة المعتمة أو قد يصبح ملونًا. ونجد فى الساعات الكبيرة وساعات اليد الرقمية أو الآلات الحاسبة أو أجهزة الكمبيوتر المحمولة أنه يتم استخدام الكهرباء فى تعديل أجزاء الشاشة من الوضوح إلى القتامة وذلك بهدف توليد الأرقام أو الحروف المتغيرة.

المعْدِن الأزرق

يمتاز معدن اللازورد البحْرى بلونه الأزرق، كما يوحى اسمه. وكان اللازورد يسحق فى الماضى ويستخدم كصبغ، ويحتوى هذا المعدن على النحاس ويوجد مع الرواسب الطبيعية لخام النحاس، وعندما يحول اللازورد إلى جوهرة، فمن الممكن عندئذ تقطيعها بشكل يوضح أوجهها المسطحة المصقولة.



المعادن والسبائك

يعد الحديد والصلب والألومنيوم أكثر المعادن استخدامًا. وكل من الحديد والألومنيوم من العناصر الفلزية (ص32-33)، بينما الصلب خليط من الحديد والكربون. ويطلق على مثل هذا الاتحاد ـ سواء بين المعادن أو بين الفلزات واللافلزات ـ اسم السبيكة (الخليط المعدنى). ومن خلال خلط أحد المعادن بمواد أخرى (فلزية أو لافلزية)، يمكننا فى الغالب جعل هذا المعدن أكثر صلابةً. وتوجد معظم المعادن فى مصدرها الخام (الصخور) متحدةً بعناصر أخرى مثل الأكسجين والكبريت. وعن طريق تسخين الخام يمكننا فصل المعدن وتنقيته من الشوائب. والمعادن النقية تكون براقةً، وتكون قابلة للطرق والتشكيل وعمل لفائف من السلك منها. وهى ليست هشة سريعة الانكسار، بل تكون فى الغالب لينة. والمعادن موصلات جيدة لكل من التيار الكهربائى والحرارة.

يعج سطح النيزك بالثقوب نتيجة السخونة المتولدة أثناء السقوط

تكوّن الصدأ بفعل اتحاد عنصر الحديد مع أكسجين الهواء بعد السقوط

الذهب

الذهب معدن نفيس؛ فهو من المعادن النادرة التى لا تفقد بريقها. ومن الممكن طرقه فى شكل ألواح من الرقاقات الذهبية تستخدم فى زخرفة الأحرف فى المخطوطات المزخرفة كتلك الموضحة فى الأعلى.

المعدن السماوى

ثمة نوع فى غاية النقاء من الحديد يستخرج من الأحجار النيزكية. وهى أجسام سقطت إلى الأرض من الفضاء الخارجى واحترقت جزئيًا نتيجة لاحتكاكها بالغلاف الجوى المحيط بالأرض.

الحافة القاطعة

يعود استخدام البرونز إلى عام 5000 قبل الميلاد فى منطقة الشرق الأوسط، وإلى عام 2000 قبل الميلاد فى أوروبا. والبرونز سبيكة من النحاس والقصدير. يمتاز بصلابته الفائقة، وكان يستخدم فى صناعة نصال الفئوس والخناجر والسيوف وشفرات الحلاقة.

يتمدد الزئبق بطول الأنبوب الرفيع عند ارتفاع درجة حرارته

شفرة من البرونز المطروق

شفرة حلاقة تعود إلى الحضارة المصرية القديمة

يد برونزية

يحتوى الجزء المنتفخ على الزئبق

الألومنيوم

يشكل الألومنيوم 1 على 12 من طبقة الصخور القريبة من سطح الأرض. وقد اكتشف هذا المعدن فى عام 1809، بيد أن الاستخدام واسع الانتشار له جاء بعد عام 1886. وهو معدن خفيف للغاية واستخدم فى بداية الأمر فى صناعة الجواهر والأشياء غير المألوفة، مثل هذه البطاقة البريدية المصورة. وتُصنع أجزاء الطائرات فى الغالب من سبائك الألومنيوم.

المعدن السائل

يعد الزئبق معدنًا سائلاً فى درجات الحرارة العادية. وهو يتمدد بدرجة كبيرة نسبيًا عندما ترتفع حرارته، ويُستخدم منذ فترة طويلة ـ ولا يزال ـ فى الأدوات التى تقيس درجات الحرارة مثل هذا الترمومتر الذى يعود إلى القرن الثامن عشر.

يُصب الحديد الخام المصهور داخل المحول

المحول

هنرى بسمر

يصب الحديد النقى فى مغرفة

الهواء يضخ عبر مداخل، ومن ثم يتم حرق الكربون

رجل الصلب

أسهم هنرى بسمر (1813-1898) بشكل كبير فى إسراع خطى عملية تصنيع الصلب فى منتصف القرن التاسع عشر، وذلك باستخدام المحول الشهير الذى تمكن من ابتكاره. إذ كان الهواء يضخ عبر الحديد الخام المصهور (خام الحديد الذى يتم تسخينه فى الفرن باستخدام الفحم أو الخشب). وكانت هذه الخطوة تؤدى إلى احتراق الكربون (ص40-41) المستمد من الفحم أو الخشب فى ظل انبعاث نافورة من الشرارات. كان يتم بعد ذلك إخراج الحديد النقى ـ الذى كان لا يزال مصهورًا ـ من المحول وإضافة كميات محددة من الكربون ومعادن مثل النيكل أو المنجنيز أو الألومنيوم إليه. وكانت هذه المواد الأخرى تحول الحديد المصهور إلى الصلب، وهو السبيكة التى ذاع صيتها لما تتمتع به من صلابة وقوة.

الجرس البرونزي

تعد معادن مثل البرونز مثالية لصناعة الأجراس؛ لأنها تهتز لفترة زمنية طويلة بعد قرعها. ومنذ عام 1000 قبل الميلاد والبرونز يصاغ فى أشكال مختلفة من خلال صبه بحالته المنصهرة فى قوالب. وبعد أن تتم هذه الخطوة، يجب ترك الأجراس الضخمة تبرد ببطء شديد، وذلك للحيلولة دون تشققها. ويزن جرس الحرية المعلق فى مدينة فيلادلفيا بولاية بنسلفانيا الأمريكية حوالى 943 كيلو جرامًا (2,079 رطلاً) ويبلغ طوله حوالى متر واحد (ثلاثة أقدام). وقد صنع هذا الجرس فى لندن وتم تسليمه بعد انتهاء العمل به فى عام 1752، لكنه تشقق ولزم الأمر أن يقولب مرتين قبل أن يتم تعليقه. لكنه تشقق ثانية فى عام 1835 وفى عام 1846. ومنذ ذلك الحين لم يُقرع مطلقًا.

زنبرك من الصلب

تروس من الصلب

درجة النقاء

كان الصائغون يحكمون فى السابق على نقاء الذهب من خلال حكه على نوع من الصخور الداكنة يطلق عليها اسم محك الذهب. ثم كانت تتم مقارنة الخط الناجم عن الاحتكاك بالخطوط الناجمة عن احتكاك عينات الذهب الموضوعة على «نجمتين». وكان أفضل تطابق بين الخطين ينتج عن قطع ذهبية على الدرجة نفسها من النقاء.

تتكون العينة من 875 جزءًا فى الألف من الذهب

تتكون العينة من 125 جزءًا فى الألف من الذهب

الخطوط الناجمة عن حك العينات على محك الذهب

المعادن متعددة الأغراض

تم استخدام العديد من المعادن ـ لكل منها وظيفة محددة تقوم بها ـ فى صنع هذه الساعة العتيقة. فقد صنعت الزنبركات والسلسلة والتروس المسننة ـ والتى هى أكثر الأجزاء عرضةً للتآكل ـ من الصلب. بينما صنعت العلبة الحاوية من النحاس الأصفر، الذى هو عبارة عن سبيكة من النحاس والزنك ليست فى قوة الصلب. ولإضافة لمسة جذابة على الساعة، تم طلاء النحاس الأصفر بالذهب.



تيار المحيط

تم استخدام سلك نحاسى مكون من سبع جدائل فى قلب الكابل الممتد أسفل البحر. وقد اختير النحاس لهذا الغرض نظرًا لما يتمتع به من خواص نافعة للغاية. فهو موصل ممتاز للتيار الكهربائى ومن السهل تشكيله ولفه على هيئة أسلاك.

التواصل العميق

تم مد كابل تلغراف بطول 3,740 كيلو مترًا (2,325 ميلاً) لأول مرة عبر قاع المحيط الأطلنطى فى عام 1850، رابطًا بريطانيا بالولايات المتحدة. وكان الجزء الخارجى من الكابل التقليدى يتألف من غلاف قوى من أسلاك الصلب الملفوفة. وكان هذا الغلاف قادرًا على مقاومة الصدأ حتى فى مياه البحر (وهو المحلول المائى المعروف عنه أنه يؤدى إلى صدأ المعادن سريعًا).

خــــواص الســــوائــل

حسب تصور الإغريق الذين كانوا يؤمنون بنظرية العناصر الأربعة، فإن جميع السوائل تحتوى على نسبة كبيرة من الماء (ص8–9). ومع هذا، فإن الإغريق الذين كانوا يؤمنون أيضًا بالذرة (ص34–35) كانوا يعتقدون أن الذرات الموجودة فى سائل يمكنها أن تنزلق بعضها حول البعض، مما يجعل السائل يتدفق ليأخذ شكل الوعاء المحتوى عليه. وهذه هى أيضًا وجهة النظر الحديثة. فجسيمات السائل يجذب بعضها البعض وتبقى قريبةً من بعضها؛ لذا، فلا يمكن ضغطها فى حجم أقل أو شدها لتأخذ حجمًا أكبر، لكن عند تسخين أحد السوائل، فإن المسافة بين الجسيمات تزداد مساحتها بشكل عام، ومن ثم يتمدد السائل. أما فى حالة تبريده، فإن العكس هو ما يحدث؛ إذ ينكمش السائل. وفى إمكان السوائل إذابة بعض المواد الصلبة. فعلى سبيل المثال، يبدو للمرء أن الملح الموضوع فى الماء يختفى ببطء شديد. لكن الملح فى حقيقة الأمر يتفكك إلى ذرات منفردة من الصوديوم والكلور (ص50–51). تنتشر الأيونات خلال الماء مكونةً خليطًا (ص26–27) يعرف باسم محلول الملح فى الماء. ويمكن للسوائل أيضًا إذابة الغازات والسوائل الأخرى.

انزلاق الذرات
تتكون أصغر وحدة من الماء من ذرة (ص34–35) من الأكسجين مرتبطة بذرتين من الهيدروجين. وتنزلق هذه المجموعات من الذرات الثلاث بعضها حول البعض فى المياه السائلة.

ضغــط المــادة
تعمل معظم السوائل ـ وبشكل خاص الماء والزيت ـ كمواد جيدة التوصيل للضغط. وفى عام 1795، سجل چوزيف براماه (1749–1814) براءة اختراعه للمكبس الهيدروليكى الذى كان أساس عمله هو مضاعفة السائل المضغوط لحجم القوة التى يمكن للعامل البشرى بذلها.

الحركــة البطيئــة
تتدفق بعض السوائل بسهولة، بينما يتحرك العسل ببطء شديد ويُوصف بكونه «لزجًا». لكن سوائل مثل القطران والزفت (وهى المواد المستخدمة لمنع تسرب المياه من الأسطح) هى أكثر لزوجةً من العسل.

الحافــة المقوســة
يكون سطح السائل الراكد أفقيًا فيما عدا عند حافته، حيث يكوّن قوسًا يطلق عليه اسم السطح الهلالى. وقد يكون اتجاه تقوس السطح الهلالى إلى الأعلى ـ كما يبدو فى الصورة ـ أو إلى الأسفل.



رفـع الأشـياء

لأن السائل يتدفق، فمن الممكن دفع شيء ما بداخله مما يجبر بعضًا من السائل على الابتعاد جانبًا. لكن السائل المزاح يحاول التدفق ثانيةً مما يؤدى إلى دفع ذلك الشيء إلى الأعلى. ومن ثم، سيبدو ذلك الشيء أخف من السائل ويمكنه أن يطفو على سطحه مثل هذا القارب.

يؤدى عنق الإناء الضيق إلى زيادة سرعة حركة السائل فى أثناء تدفقه منها

التآكـل بفعـل المـاء

مع مرور وقت كاف، تؤدى السوائل المتدفقة إلى تآكل الأسطح الصلبة، حتى الصخور. ويزداد هذا التأثير الكاشط عندما يحمل السائل جسيمات صلبة من الصخور والغرين. وبعض الصخور ـ مثل الطَّفل والحجر الرملى ـ تتميز بمقاومة ضعيفة للتآكل. ذلك الوادى الضيق الموجود فى صحراء أريزونا الأمريكية قد تآكل بفعل الفيضانات المندفعة التى ظلت تخترقه لمدة 10,000 عام.

سائل سريع الحركة

يأخذ السائل شكل الإناء الذى يوجد به

قـوة السـوائـل المتحـركـة

قد ينتج عن تدفق الماء قوة عاتية ـ كموجات المد العاتية «تسونامى» أو موجات المد بشكل عام ـ يمكنها أن تكتسح بلدات بأكملها. بينما يتوافر للسائل الأبطأ حركةً الوقت الكافى ليتفرق ويتدفق حول العوائق، وبالتالى يكون تأثيره أقل ضررًا. وعند تسرب سائل ما من وعائه فإن التوتر السطحى (قوة الشد الداخلى عند السطح) يحاول جذب السائل مكونًا منه شكلاً ما. لكن نظرًا لأنها قوة ضعيفة نسبيًا، فلا يمكن للتوتر السطحى سوى جذب كميات صغيرة تأخذ شكل قطرات، أما كميات السوائل الأكبر، فإنها تأخذ أشكالاً مشوشة وغير منتظمة.

قـوة المـاء

لطالما استخدمت الجداول والأنهار فى إدارة السواقى منذ العصور القديمة. فالأنوال المدارة بطاقة المياه انتشرت بكثافة خلال الثورة الصناعية فى بريطانيا فى القرن الثامن عشر. وتجرى الآن الاستفادة من مياه البحيرات وخزانات المياه والبحار فى إدارة توربينات توليد الطاقة الكهربائية على مستوى العالم.

سطح مستو

تجاوز الحـد الفاصـل

تلتحم الجسيمات بالغة الصغر التى تكون السائل ببعضها البعض بفعل جذبها لبعضها. ويؤدى التوتر السطحى إلى جعل سطح السائل يبدو مثل الجلد المطاطى المشدود للبالون. ويبدو الشراب الموجود فى هذا الكوب فوق الحافة، لكن التوتر السطحى يحول دون أن يفيض.

المشى على المـاء

يسمح التوتر السطحى لأرجل هذه الحشرة بإحداث انبعاجات فى المياه، لكنها لا تخترق «القشرة» الممتدة على السطح.

الغـازات وخـواصـــها

احتار الفلاسفة القدماء فى تحديد طبيعة الغازات. فقد أدرك هؤلاء أن الهواء ليس مجرد حيز خالٍ. وخمّن البعض أن رائحة العطر تعود إلى انتشار الجسيمات بالغة الصغر، وأن الصقيع يتكون بفعل تكاثف بخار الماء غير المرئى. وقد لاحظ الكثيرون أن الرياح تؤدى إلى انثناء الأشجار وأن تتابع الفقاعات بقوة يجعل الماء يعج بالرغوة. وقد اعتقد هؤلاء الفلاسفة الأوائل أن هناك عنصرًا واحدًا من الهواء (ص8–9) هو الذى يتصف بـ «خفة الوزن» أى النزعة إلى الارتفاع. وفى القرن السابع عشر، كشف إيڤانجليستا تورشيللى (1608–1647) عن أن الهواء ـ مثله مثل المواد الصلبة والسائلة ـ له وزن يمكن أن يقاس. وأوضح الكيميائيون فى القرن التالى أن الهواء هو مزيج من الغازات، وحددوا الغازات التى تنطلق فى التفاعلات الكيميائية. وسرعان ما تم استخدام هذه الغازات المكتشفة حديثًا. فعلى سبيل المثال، استخدم الغاز الناتج عن الفحم فى توليد الضوء والحرارة.

مكونات الغاز

تتكون الغازات ـ مثل ثانى أكسيد الكربون الموضح فى الصورة ـ من جزيئات (ص36–37) منفصلة بعضها عن البعض وفى حالة حركة دائمة. وتتسم جزيئات الغاز فى العادة بالتعقيد، فهى تتكون من الذرات (ص34–35) المتماسكة بإحكام.

ذرة الكربون

ذرة الأكسجين

تحرير الأكسجين

عند تسخين مادة صلبة، فإنها تطلق فى الغالب غازًا. فبلورات برمنجنات البوتاسيوم تتكون من البوتاسيوم والمنجنيز والأكسجين. وعند تسخينها، تنقسم البلورات إلى مواد أخرى وتطلق غاز الأكسجين. ويحتل الأكسجين كغاز حجمًا أكبر كثيرًا من حجمه وهو متحد مع المادة الصلبة، فيتسرب من طرف الأنبوب. ونستطيع القول إن الغاز أقل كثافة من الماء؛ لذا، فهو يطفو على سطح جرة التجميع فى شكل فقاعات.

السدادة

ينتقل الأكسجين إلى أسفل الأنبوب

يؤدى تسخين بلورات برمنجنات البوتاسيوم إلى انطلاق الأكسجين

حامل أنبوب الاختبار

موقد بنزن

مصدر للإمداد بالغاز

تجارب علمية فى وسط خالٍ من الهواء

ابتكرت هذه المضخة الهوائية الموضحة فى الصورة على يد فرانسيس هوكسبى (1666–1713). وكانت الرافعة مصممة لتشغيل مكبسين مهمتهما تفريغ الهواء من القبة الزجاجية. وبهذه الطريقة، كان من الممكن بعد ذلك إجراء التجارب أسفل القبة فى وسط خالٍ من الهواء. وقد ابتكر أول مضخة هوائية فى خمسينيات القرن السابع عشر أوتو فون جيريك (1602–1686) بهدف إظهار قوة ضغط الهواء.

يتم تفريغ القبة الزجاجية من الهواء عند تشغيل المضخة

المكبس

الأسطوانة

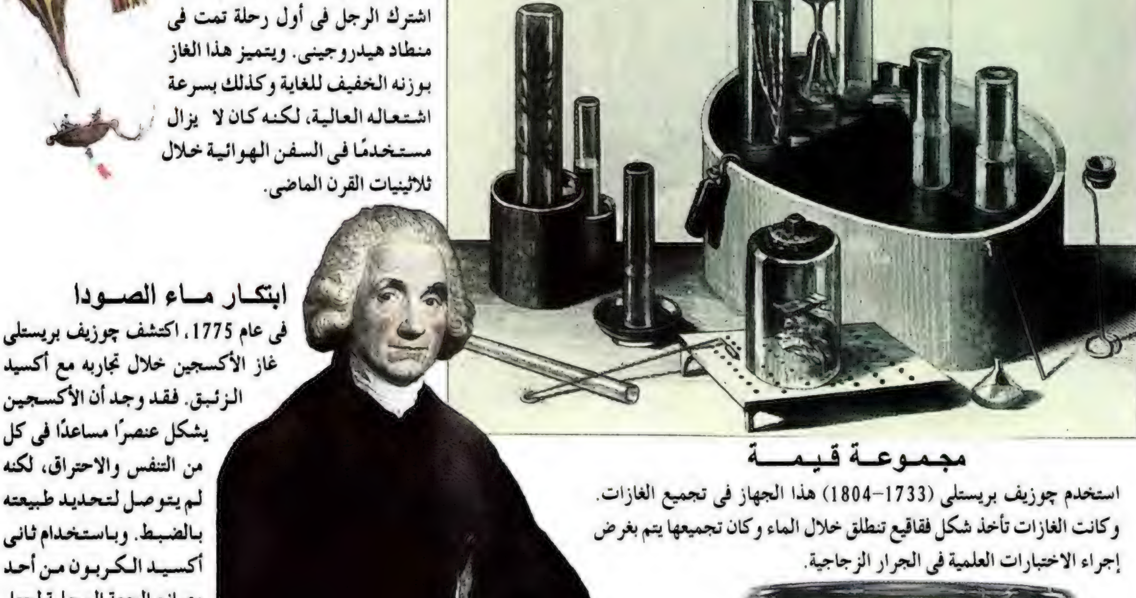
المقبض

أنبوب يربط الأسطوانات بالقبة الزجاجية



غاز الهيدروجين وصناعة المناطيد

اكتشف جاك تشارلز (1746–1823) قانونًا مهمًّا يتعلق بتمدد الغازات عند تسخينها (ص39). ففي عام 1783، اشترك الرجل في أول رحلة تمت في منطاد هيدروجيني. ويتميز هذا الغاز بوزنه الخفيف للغاية وكذلك بسرعة اشتعاله العالية، لكنه كان لا يزال مستخدمًا في السفن الهوائية خلال ثلاثينيات القرن الماضي.



مجموعة قيمة

استخدم جوزيف بريستلي (1733–1804) هذا الجهاز في تجميع الغازات. وكانت الغازات تأخذ شكل فقاقيع تنطلق خلال الماء وكان تجميعها يتم بغرض إجراء الاختبارات العلمية في الجرار الزجاجية.

ابتكار ماء الصودا

في عام 1775، اكتشف جوزيف بريستلي غاز الأكسجين خلال تجاربه مع أكسيد الزئبق. فقد وجد أن الأكسجين يشكل عنصرًا مساعدًا في كل من التنفس والاحتراق، لكنه لم يتوصل لتحديد طبيعته بالضبط. وباستخدام ثاني أكسيد الكربون من أحد مصانع الجعة المحلية لجعل الماء يفور، تمكن بريستلي من ابتكار ماء الصودا.



قوة الضغط الجوي

يقيس جهاز البارومتر التغيرات التي تطرأ على الضغط الجوي. وقد تميز البارومتر البدائي الذي ابتكره إيفانجليستا تورشيللي باشتماله على أنبوب زجاجي عمودي ممتلئ بالزئبق. وكان طرف الأنبوب المفتوح مغموسًا في وعاء من الزئبق. يعمل الضغط الجوي على دفع الزئبق في أسفل الوعاء ويعادل وزن الزئبق في الأنبوب.

استخلاص الطاقة من ضوء الشمس

البناء الضوئي هو العملية التي من خلالها تستمد النباتات الخضراء الطاقة من ضوء الشمس، وتنتج جزيئات الغذاء من ثاني أكسيد الكربون والماء. وفي الإمكان مشاهدة أجزاء من هذه العملية هنا عندما يتألق ضوء الشمس على الأوراق التي تم قطعها حديثًا والمغمورة في المياه. ويتم في هذه العملية تحرير الأكسجين من جزيئات ثاني أكسيد الكربون وانتشاره في الماء في شكل فقاعات صغيرة. وتطفو هذه الفقاعات على السطح وتدفع الماء إلى خارج الجرة.

ضغط الغاز يدفع الماء خارج الجرة الزجاجية

فقاعات الأكسجين

الماء الذي اندفع خارج الجرة الزجاجية

جرة الغاز

ضغط الغاز يدفع الماء خارج جرة الغاز الزجاجية إلى الحوض

يزداد حجم فقاعات الأكسجين مع وصولها للسطح

حامل للجرة على شكل خلية النحل

الحوض

الماء

تغيرات حالة المادة

من الممكن تغيير حالة المادة بعدة طرق. فتسخين المادة الصلبة إلى درجة حرارة يطلق عليها نقطة الانصهار (الذوبان) سيؤدى إلى تغير حالتها؛ إذ ستتحول إلى الحالة السائلة. كما أن تسخين سائل إلى درجة حرارة تعرف بنقطة الغليان له تأثير مماثل؛ إذ ستتغير حالة السائل ويتحول إلى غاز. يمكن التأثير على كل من درجة الانصهار ودرجة الغليان للمادة، على سبيل المثال، عند إضافة شائبة مثل الملح إلى الثلج، فإن درجة ذوبان الثلج ستنخفض. سيذوب الخليط (ص26–27) المكون من الملح والثلج، بينما سيظل الثلج النقى متجمدًا عند درجة الحرارة ذاتها. وإذا أضيف الثلج إلى الماء، فإن ذلك سيرفع من نقطة الغليان ومن ثم سيغلى الماء عند درجة حرارة أعلى من المعتاد. ويؤثر الضغط أيضًا على حالة المادة، فعندما يكون الضغط الجوى منخفضًا؛ فإن درجة غليان الماء تنخفض هى الأخرى. كما أن أى زيادة فى الضغط ستؤدى إلى انخفاض درجة ذوبان المادة الصلبة.



الاستسلام للضغط
عندما يضغط أحد الأسلاك على الثلج فإن درجة ذوبانه تنخفض، وبالتالى يذوب الثلج. يخترق السلك الثلج الذى يتجمد ثانيةً بعد مرور السلك خلاله.

من الحالة الصلبة إلى الغازية
نجد فى السلسلة المتعاقبة التالية أن تسخين المادة الصلبة ـ المتمثلة هنا فى الثلج ـ إلى نقطة الذوبان الخاصة بها يغير من حالتها الصلبة إلى السائلة. بينما نجد أن تسخين السائل ـ الماء ـ إلى نقطة الغليان الخاصة به يجعله يتغير من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية.

1 الحالة الصلبة
مثل معظم المواد الأخرى، فإن الماء قد يوجد فى الحالة الصلبة أو السائلة أو الغازية. وتتمثل حالته الصلبة فى الثلج، والذى يتكون عند تبريد الماء السائل بدرجة كافية. وقد يبدو الثلج مختلفًا عن الماء، لكنهما متماثلان تمامًا من الناحية الكيميائية.

ثروة من الموضوعات العلمية
كان جون تيندال (1820–1893) مهتمًا بالتعرف على كيفية تسبب الحرارة فى تغيير حالة المادة. كما أنه درس مجموعةً متنوعةً من الموضوعات الأخرى مثل أصول الحياة والسبب وراء زرقة السماء.

الرصاص المتساقط
كانت صناعة قذائف الرصاص تتم فيما مضى من خلال إسقاط قطرات الرصاص المنصهر من قمة «برج القذف». وبينما هى فى الحالة السائلة، فقد كانت قطرات الرصاص الصغيرة تتشكل على هيئة كرات ثم «تتجمد» فى هذا الشكل.

خفض مستوى الضغط
يظهر جهاز تيندال ـ الموضح فى الصورة ـ أن الماء غير الساخن بدرجة كافية لكى يغلى عند مستوى الضغط الجوى العادى سيبدأ فى الغليان عند خفض الضغط الواقع عليه.



الاستفادة من الضغط

يرجع قدر الطهو بالضغط ذو القالب الألومنيوم هذا إلى عام 1930 تقريبًا. الضغط المرتفع للغاية داخل قدر الطهو يجعل الماء يسخن إلى درجة تفوق نقطة غليانه المعتادة، ومن ثم، يطهى الطعام بداخله بسرعة.

حجر من أحد البراكين

إن حجر الخفاف (زجاج بركانى خفيف جدًا ملىء بالثقوب يستعمل فى الصقل) هو عبارة عن حمم منصهرة بردت بشكل سريع للغاية. وهو يشبه قرص العسل حيث إنه ملىء بالثقوب التى هى عبارة عن فقاعات غازية «متجمدة».

الجبل المنصهر

عند ثوران أحد البراكين، فإنه قد يقذف بآلاف الأطنان من الحمم، التى هى عبارة عن صخور منصهرة متوهجة بالحرارة مصدرها مركز الأرض. وعندما تبرد الحمم البركانية فإن حالتها تتغير وتتصلب.

الحرارة الخفية

تمكن جوزيف بلاك (1728–1798) من قياس الحرارة اللازمة لتحويل المادة الصلبة إلى سائلة أو المادة السائلة إلى غازية. وقد أطلق على هذه الحرارة اسم الحرارة «الكامنة» أو الخفية.

2 الحالة السائلة

عند تسخين الثلج، فإنه يتحول إلى ماء سائل. وهذا التغير يحدث عند درجة حرارة محددة تصل فى العادة إلى صفر مئوية (32 درجة فهرنهايت). وفى ظل مستوى الضغط الجوى المعتاد، فإن الماء يبقى على حالته السائلة حتى درجة 100 مئوية (212 درجة فهرنهايت).

3 الحالة الغازية

عند تسخين الماء بدرجة كافية، فإنه يبدأ فى التحول إلى بخار، وهو غاز غير مرئى عديم اللون. ولا يمكن «رؤيته» إلا فى شكل فقاعات فى الماء. ويمكن القول إن ما يعرف فى العادة باسم البخار هو فى واقع الأمر عبارة عن سديم رقيق من قطرات الماء.

المـواد الغروانيــة والزجـاج



ثمة بعض المواد التى يصعب تصنيفها. على سبيل المثال، يتدفق الرصاص ـ وهو معدن ـ ويتحرك مثل السائل بمرور القرون. والزجاج ـ وهو مادة تبدو صلبة ـ هو فى حقيقة الأمر سائل شديد التبريد ويسيل بمرور عقود زمنية عدة. ونجد أن الذرات (ص34–35) فى مثل هذه المواد ليست متراصة بإحكام فى شكل منتظم. لكنها عوضًا عن ذلك تكوّن شكلاً غير منتظم حيث تتحرك الذرات فى حركة دائرية مما يسمح للمادة بالانسياب. ونجد فى أحد أشكال المادة التى تعرف باسم المادة الغروانية، أن إحدى المواد تنتشر خلال الأخرى. ويمكن القول إن الجسيمات المنتشرة أكبر كثيرًا من الذرات، لكنها فى غاية الصغر بدرجة لا تسمح برؤيتها بالعين المجردة. وتضم المواد الغروانية الزجاج الملون (وهو عبارة عن جسيمات صلبة منتشرة فى مادة صلبة) والطين (وهو عبارة عن مادة صلبة فى سائل) والدخان (وهو عبارة عن مادة صلبة منتشرة فى غاز) واللبن (وهو عبارة عن سائل منتشر فى سائل) والضباب (وهو عبارة عن سائل منتشر فى غاز) والرغوة (وهى عبارة عن غاز منتشر فى سائل).

يستخدم السبج المنحوت فى صناعة رأس سهم حاد

الزجـاج الطبيعـى

يتكون السبج (زجاج بركانى أسود عادةً) من الصخور البركانية المنصهرة. ويبرد هذا الصخر بسرعة ولا يمكن لذراته أن تكون شكلاً منتظمًا. وقد اعتادت الشعوب القديمة استخدام صخر السبج فى صناعة رءوس الأسهم مثل ذلك الموضح فى الصورة.



الزجاج المصهور

القالب المعيارى

مجزة قوية

نفـخ الزجـاج

تتم صناعة الزجاج من خلال إذابة الرمل وخلطه بمكونات أخرى ثم تبريد السائل الناتج سريعًا. وقد صنع الزجاج لأول مرة تقريبًا فى عام 4000 قبل الميلاد فى منطقة الشرق الأوسط. وقد تم نفخ الزجاج كى يتناسب بإحكام داخل قالب منذ القرن الأول الميلادى. وتتم معظم عمليات نفخ الزجاج فى الوقت الحالى آليًا، إلا أن سلسلة الخطوات التالية تعرض للأسلوب التقليدى لنفخ الزجاج. ويُمارس هذا الأسلوب التقليدى الآن فقط فى صناعة أشياء متخصصة.



كربونات الصوديوم

الرمل (السليكا)

حجر الكلس (كربونات الكالسيوم)



يعطى أكسيد الحديد اللون الأخضر للزجاج

تعطى كربونات الباريوم للزجاج اللون البنى

1 وصفـة الزجـاج

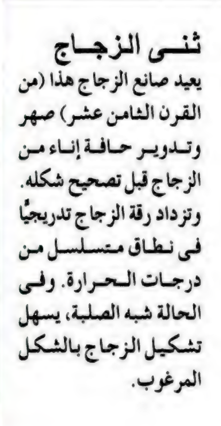
يعد الرمل المكون الرئيسى فى وصفة عمل الزجاج، وهو الذى يطلق عليه اسم العجنة. بينما يتمثل المكون التالى فى العادة فى كربونات الصوديوم التى تساعد فى صنع زجاج يسهل صهره. وقد يستخدم حجر الكلس (الجير) فى إنتاج زجاج مقاوم للماء.

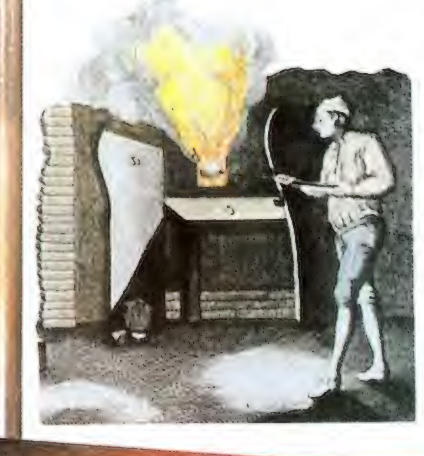
2 قطـع الزجــاج

يقوم صانع الزجاج بتجميع كمية ضخمة من الزجاج المنصهر عند طرف قضيب حديدى. ثم يُقلب الزجاج فى قالب معيارى ويتم قطع الكمية المضبوطة باستخدام طرفى المجزة. وهناك العديد من الأساليب التقليدية الأخرى لصناعة الزجاج. فمن الممكن صناعة الزجاج المسطح المستخدم فى النوافذ من خلال لف كتلة منصهرة وساخنة من الزجاج على طرف القضيب. ويتم بعد ذلك فردها فى شكل قرص ضخم يمكن قطع القطع المسطحة منه. أما الزجاج ذو السطح المزخرف، فيمكن صنعه عن طريق ضغط الزجاج المنصهر فى قالب.

ثنـى الزجـاج

يعيد صانع الزجاج هذا (من القرن الثامن عشر) صهر وتـدوير حـافـة إنـاء من الزجاج قبل تصحيح شكله. وتزداد رقة الزجاج تدريجيًا فى نطاق متسلسل من درجـات الحـرارة. وفى الحالة شبه الصلبة، يسهل تشكيل الزجاج بالشكل المرغوب.





صاحب العمل ومساعده

يصنع صاحب ورشة صناعة الزجاج ساقًا رفيعًا لأحد الأكواب الزجاجية. فهو يلف القضيب الحديدى على ذراعى مقعده للحفاظ على تناسق الأجزاء الزجاجية. ويقوم المساعد بسحب طرف الزجاج باستخدام قضيب حديدى بينما يقوم معلمه بتشكيل وقطع الساق.

قضيب نفخ مجوف

طبقات من البخار تحيط بالزجاج

قالب التشكيل

الزجاجة

صفيحة مسطحة

لا تظهر على المنتج النهائى أى آثار لوصلة التحام نصفى القالب

3 صناعـة زجاجـة

يتم رفع الكمية المضبوطة من الزجاج المنصهر من القالب المعيارى على قضيب النفخ المجوف ويُعاد تسخينها فى الفرن. ينفخ صانع الزجاج قليلاً من الهواء عبر قضيب النفخ وينقر الزجاج على صفيحة معدنية مسطحة عدة مرات لتشكيله. أصبح الزجاج الآن بحجم وشكل المنتج النهائى تقريبًا، والذى هو فى هذه الحالة عبارة عن زجاجة. ويقع خلف الزجاجة قالب التشكيل المفتوح الذى هو على شكل زجاجة. أصبحت الزجاجة الآن جاهزةً لوضعها بداخل هذا القالب.

4 النفـخ والقولبـة واللــف

بعد غلق القالب بإحكام، يتم النفخ برفق فى الزجاج ثانيةً. يتمدد الزجاج ويأخذ شكل الجزء الداخلى من القالب. وبالإضافة للنفخ، يقوم نافخ الزجاج بتدوير قضيب النفخ بسرعة. وهو ما يضمن ألا يتضح على المنتج النهائى أى علامات للوصل بين نصفى القالب أو أى عيوب أخرى. وجدير بالذكر أن الزجاج لا يلمس مادة القالب بشكل مباشر مطلقًا. ويرجع هذا إلى أن الجزء الداخلى من القالب رطب وأن طبقة من البخار تتكون عليه مشكّلةً وسادةً تحيط بالزجاج.

5 زجاجـة بنـيـة اللـون

يتم فتح قالب التشكيل للكشف عن المنتج النهائى ـ زجاجة يعود إنتاجها للقرن السابع عشر ـ ويجب نزع هذا المنتج المتخصص من قضيب النفخ. كما يجب صقل فم الزجاجة الخشن من خلال إعادة تسخينه فى الفرن واستخدام أدوات التشكيل. ونظرًا لأن الزجاج قد برد بشكل طفيف، فقد ظهر اللون البنى الزاهى الذى حصلنا عليه من خلال المكونات الخاصة التى تمت إضافتها إلى العجنة. ودائمًا ما كان يصنع الزجاج فى بداياته المبكرة ملونًا. وقد صنع أول زجاج شفاف غير ملون فى القرن الأول قبل الميلاد.

الأخــلاط والمركبــات

عند مزج كل من الملح والرمل معًا، فإنه يظل فى الإمكان رؤية حبيبات كلتا المادتين. ويُطلق على هذا الاتحاد غير المترابط الأجزاء اسم الخليط. ومن السهل فصل حبيبات الملح والرمل ـ فعند هز الخليط هزة خفيفة، تستقر حبيبات الرمل الأثقل وزنًا فى القاع. لكن مزج القهوة سريعة التحضير والماء الساخن ينتج عنه اتحاد مترابط الأجزاء أكثر من السابق ـ يطلق عليه اسم المحلول. ورغم ذلك فلا يزال من السهل فصل مكونات هذا الاتحاد. فبتسخين هذا المحلول على درجة حرارة معتدلة، فستنطلق المياه فقط متحررةً منه فى شكل بخار الماء، بينما ستبقى القهوة الصلبة فى الكوب. أما أكثر اتحادات المواد ترابطًا فهى الاتحادات الكيميائية. فعند احتراق الكربون (فى شكل الفحم النباتى)، فإن أكسجين الهواء يتحد معه ليشكل غازى ثانى أكسيد الكربون وأول أكسيد الكربون. ومن الصعب فصل هذين الغازين، ويطلق عليهما فى هذه الحالة اسم مركبات.



فصل القمح عن القش

كان القمح يدرس فى العادة لفصل الحبوب الصالحة للأكل عن القش (القشور). ويشكل كل من الحبوب والقش خليطًا يمكن فصله من خلال «الغربلة». وكان يتم قذف الحبوب فى الهواء ويتولى النسيم مهمة ذرو القشور الخفيفة بعيدًا، بينما تسقط الحبوب ثانية.

فصل الذهب عن الأحجار الأخرى

كان المنقبون عن الذهب فى القرن التاسع عشر يفصلون الذهب عن الأحجار والأتربة؛ فقد كانوا يغسلون الحصى المستخرج من قاع النهر فى وعاء معدنى بقليل من الماء. وبهذه الطريقة، كان من الممكن فصل أى من الكتل الذهبية عن الأحجار الأخرى بسبب كثافتها العالية.



أكثر من أربعة عناصر!

فى كتابه الذى حمل اسم «الكيميائى المتشكك»، والذى نشر فى عام 1661، وصف روبرت بويل (1627–1691) العناصر (ص32–33) بأنها مواد لا يمكن تجزئتها إلى أى مواد أبسط من خلال العمليات الكيميائية. وقد أدرك أن هناك العديد من العناصر، وليس فقط مجرد أربعة عناصر (ص 8–9). وقد كان بويل أحد أوائل الذين ميزوا بوضوح بين الأخلاط والمركبات.

تقرير ملون

يمكن فصل أخلاط السوائل أو الغازات من خلال التحليل الكروماتوجرافى (التفريق اللونى). فقد تم غمس ورقة النشاف الموضحة فى الصورة فى عصارة بتلات زهرة. وقد امتصت الورقة بعضًا من السائل، إلا أن المكونات تدفقت إلى سطح الورقة بمعدلات مختلفة وتميزت بعضها عن بعض فى شكل أشرطة من الألوان.





تحليـل المركبـات

اخترع يوستوس فون ليبيج (1803–1873) هذا المكثف حوالى عام 1830؛ لتحليل المركبات المحتوية على الكربون. وكان يتم تسخين المركب لتحويله إلى غاز يمر بعد ذلك فوق أكسيد النحاس الموجود فى الأنبوب الزجاجى. وكان الأكسجين الصادر عن أكسيد النحاس يتحد مع الكربون والهيدروجين الموجودين فى الغاز ويكون غاز ثانى أكسيد الكربون وبخار الماء. وكان هيدروكسيد البوتاسيوم الموجود فى الأجزاء الكروية الزجاجية يمتص ثانى أكسيد الكربون. وكان فى الإمكان حساب كمية الكربون الموجودة فى المركب الأصلى من خلال زيادة الوزن فى الأجزاء الكروية.

مفكـر متـأمـل

قدم يوستوس فون ليبيج الكثير من الإسهامات التى شكلت دفعات فى مجال كيمياء المواد «العضوية». وهو ما كان يعنى فى الأساس المواد التى تتكون فى الكائنات الحية، لكنه يشير الآن إلى معظم المواد المشتملة على الكربون (ص40–43). وقد شملت إسهاماته العلمية ابتكار إجراءات قياسية للتحليل الكيميائى للمركبات العضوية، واختراع طريقة لصناعة المرايا من خلال ترسيب طبقة رقيقة من الفضة على الزجاج، وريادته فى مجال تصنيع المخصبات الصناعية وتأسيسه لأول مختبر تعليمى حديث فى مجال الكيمياء.

الصـدأ

مركب الصدأ مادة صلبة حمراء اللون. ويتكون الصدأ عند اتحاد الحديد ـ وهو مادة صلبة رمادية اللون ـ بغازى الأكسجين والهيدروجين. وعند تعرض الحديد للهواء، فإن الصدأ يتكون بصورة تلقائية، لكن لا يمكن عكس هذا التفاعل بسهولة؛ إذ من الممكن فقط تحليل المركب ثانية بالطرق الكيميائية.

ملـــح الأرض

اكتشف فى القرن التاسع عشر أن الملح مركب يتألف من مادتين لم تكونا معروفتين من قبل، وهما الصوديوم ـ معدن فضى اللون ـ والكلور، وهو غاز سام.

يستخدم الفحم النباتى كمصدر للحرارة

يحتوى الأنبوب الزجاجى على أكسيد النحاس

يمتص هيدروكسيد البوتاسيوم الموجود فى الأجزاء الكروية الزجاجية ثانى أكسيد الكربون

كلوريد الكالسيوم الموجود فى هذا الأنبوب يمتص الماء وهو ما يسهل حساب كمية الهيدروجين الموجود فى المركب

ملـح البحـر

هذه الأحواض الملحية الصناعية فى الهند عبارة عن حفر ضحلة مغمورة بمياه البحر (التى هى خليط من الملح والماء). تتبخر المياه وحدها بفعل أشعة الشمس الحارة، بينما يتبقى الملح على هيئة مادة صلبة بيضاء اللون.

تدويـر الأخـلاط

تنفصل أخلاط السوائل أو المواد الصلبة العالقة فى السوائل بصورة طبيعية مع مرور فترة من الزمن. ويمكن إسراع هذه العملية عن طريق تدوير العينة فى آلة طرد مركزى.

تتعرض العينة لقوة شديدة

يتصل المقبض بعمود الإدارة من خلال التروس وبهذه الطريقة تزيد سرعة الدوران

أداة للقياس

حوامل معدنية لأنابيب الاختبار

أنبوب اختبار

مكونات آلة الطرد المركزى اليدوية

آلة الطرد المركزى اليدوية تعمل من خلال تدوير مقبضها

آلة طرد مركزى يدوية فى حالة تشغيل

بقــاء المــادة

تتحد المادة بغيرها وتنفصل وتتغير بطرق لا حصر لها. وخلال هذه التغيرات، تبدو المادة دائمًا وكأنها تظهر وتختفى، تتكون الرواسب الجيرية الصلبة على السطح الداخلى لغلاية الشاى، ويجف الماء الموجود فى القدر. تنمو النباتات وتفوق الزيادة فى وزنها وزن الماء والغذاء الذى امتصته. إن المادة تبقى فى جميع ظروف الحياة اليومية ـ فهى لا تفنى ولا تستحدث من العدم. فالطبقة المترسبة الموجودة على السطح الداخلى لغلاية الشاى تتكون من المادة الذائبة التى كانت دائمًا موجودة فى الماء. ويتحول الماء الموجود فى القدر إلى غازات غير مرئية تختلط بالهواء. كما أن الحجم الزائد للنباتات مصدره غاز ثانى أكسيد الكربون غير المرئى الموجود فى الهواء. إن المادة لا تفنى ولا تستحدث إلا فى التفجيرات النووية أو فى باطن الشمس والنجوم أو فى حالات أخرى شديدة التعقيد (ص62-63).

النـاجى العظيـم
تتشتت المادة الأصلية فى أى كائن حى مات منذ فترة طويلة لكنها تظل باقية لا تندثر. والحفرية هى آخر أثر مرئى من الكائن العضوى.

ميزان مزخرف ذو كفتين

تـوازن الحيــاة
وزن لافوازييه الأشخاص والحيوانات على مدار فترات زمنية طويلة لاكتشاف ما يحدث للهواء والغذاء والشراب بداخلهم. وقد تمكن من حساب كميات الغازات التى يتم استهلاكها من خلال فحص كميات محسوبة من المواد الصلبة والسوائل التى استهلكوها.

وزن المــادة
فى أواخر القرن الثامن عشر أصبح الميزان أهم وسيلة قياس للكيميائى. فقد كانت عملية الوزن الدقيقة هى الأساس لاقتفاء أثر جميع المواد الداخلة فى التفاعل الكيميائى. وهو ما أدى إلى استبعاد نظرية اللاهوب (ص30-31) ـ التى تقول بأنه عند احتراق مادة، فإن ثمة مادة تسمى اللاهوب تنطلق دائمًا.

القبة الزجاجية تحبس الغازات بداخلها

كمثرى طازجة

وزن الدليـل
يمكن توضيح نظرية لافوازييه المتعلقة ببقاء المادة عن طريق مقارنة وزن المواد قبل وبعد إجراء التجربة العلمية. ونجد فى الصورة أن ثمرة الكمثرى قد وضعت أسفل وعاء محكم الإغلاق ووزنت. وقد تركت ثمرة الكمثرى لأيام قلائل ثم أعيد وزنها. وبهذه الطريقة يمكن مقارنة كلا الوزنين لاكتشاف ما إذا تضمنت عملية التحلل تغيُّرًا فى الوزن الإجمالى أم لا.

زوجــان مـن الكيميائـيين
نادى العالم أنطوان لافوازييه (1743-1794) بمبدأ بقاء المادة فى عام 1789. ولم تكن هذه بالفكرة الجديدة ـ فقد افترض الكثير من المفكرين السابقين له أن المادة شىء أبدى. لكن كان لافوازييه أول من شرح هذا المبدأ بطريقة عملية. فقد اشتهرت أبحاثه، واسعة النطاق، بدقتها الشديدة، فقد قام بإجراء تجارب علمية كانت تجرى فى أوعية محكمة الإغلاق، كما قام بعمل سجلات دقيقة للمواد الكثيرة التى اشتملت عليها التفاعلات الكيميائية. وقد استلزم هذا العمل قدرًا كبيرًا من الحرص والجهد، لكن ثمة كيميائى موهوب آخر كان مساعدًا له وكان زميل عمل مخلصًا؛ إنها زوجته مارى آن.



التآكل الطبيعى

تتآكل اليابسة باستمرار بفعل الرياح والأمطار والأمواج، لكن يوازن ذلك عمليات البناء الطبيعية لأشكال جديدة من اليابسة فى أماكن أخرى.

محلول واضح المعالم

غالبًا ما تذوب المواد الصلبة التى تترك فى الماء. وإذا كانت هذه المواد الصلبة عديمة اللون ـ مثل الملح ـ فمن السهل على المرء أن يعتقد أنها اختفت تمامًا. فى حقيقة الأمر، لقد اختلطت هذه المواد تمامًا بالماء وتفككت إلى جسيمات دقيقة انتشرت خلال السائل. أما إذا كانت المادة الصلبة ملونة ـ مثل برمنجنات البوتاسيوم ـ فمن الأسهل علينا الاعتقاد بأنها لا تزال حاضرةً فى السائل. علاوةً على هذا، فإن عملية وزن المحلول ستؤكد أن وزنه يطابق تمامًا وزن السائل والمادة الصلبة الأصليين.

يا له من دوى عنيف!

عند انطلاق الألعاب النارية فى السماء، فإن البارود يحترق إضافةً إلى مواد كيميائية أخرى والكرتون والورق الذى يغلف الألعاب النارية. وتكوّن المواد المحترقة الغازات وكمية صغيرة من المواد الصلبة. وبالرغم من تناثرها على امتداد مسافة واسعة، فإن المكونات المتجمعة لها نفس وزن الألعاب النارية الأصلية.

مـا بعد التعفن

بعد مرور أيام قليلة، بدأت عملية التعفن فى الحدوث وصارت أجزاء من ثمرة الكمثرى بنية اللون وطرية. وهناك الآن قدر أقل من الأكسجين فى الهواء أسفل القبة الزجاجية، وذلك نظرًا لاتحاد بعضه مع المواد الموجودة فى الثمرة. لكن هناك قدر أكبر من غاز ثانى أكسيد الكربون بالإضافة إلى غازات أخرى انبعثت من الثمرة. ويمكن القول إجمالاً أن وزن الوعاء بجانب محتوياته لم يطرأ عليه أى تغير ولو بدرجة طفيفة. ولم يكن الكيميائيون الأوائل يدركون أنه إذا تم رفع القبة الزجاجية قبل إجراء عملية الوزن، فقد يدخل الهواء إلى الوعاء أو يتسرب منه وهو ما يؤثر على وزن الوعاء ومحتوياته.

احتــراق المــادة

يعد تفسير عملية الاحتراق أحد أوائل المنجزات العلمية العظيمة التى شهدها القرن الثامن عشر. فقد وضع چورج ستال (1660–1734) نظرية تقول بأن ثمة عنصرًا ـ هو اللاهوب ـ ينطلق خلال عملية الاحتراق. لكن هذه النظرية جانبها الصواب ـ فقد كانت تعنى أن جميع المواد تفقد من وزنها عند احتراقها. وقد لاحظ العديد من الكيميائيين أن وزن بعض المواد كالمعادن يزداد خلال عملية الحرق، كما رفض أنطوان لاڤوازييه نظرية اللاهوب بشدة (ص28–29). فقد رأى أن الهواء يحتوى على غاز يتحد مع المادة عندما تحترق وأطلق على هذا الغاز اسم «الأكسجين». ومن الممكن، فى بعض الأحيان، أن تحترق المواد فى غازات غير الأكسجين. فبعضها ـ مثل ثانى كرومات الأمونيوم ـ قد تتغير من تلقاء نفسها إلى مواد أخرى مصدرةً لهبًا وحرارةً وضوءًا.

من البلورات إلى الرماد

فى سلسلة الخطوات التالية، سنوضح كيف تُصدر بلورات ثانى كرومات الأمونيوم البرتقالية اللهب والحرارة والضوء، وتتحول إلى رماد رمادى مائل إلى الاخضرار.



1 الاستعداد للتفاعل

ثانى كرومات الأمونيوم مادة تستخدم فى الألعاب النارية المنزلية. وتتكون من النتروجين والهيدروجين والكروم والأكسجين.

2 الشرارة الأساسية الأولى

عند إشعال المادة بواسطة اللهب، فإن ذراتها تُكوّن مواد أقل تعقيدًا وتنتج حرارةً وضوءًا.

مصدر حرارة نظيف

كان العالم أنطوان لاڤوازييه مهتمًا بشكل خاص بالتفاعلات الكيميائية التى تتطلب قدرًا عظيمًا من الحرارة. لكن ثمة مشكلة لازمت تجاربه العلمية تمثلت فى الحصول على حرارة شديدة و«نظيفة» لأن المواد المتفاعلة كانت غالبًا ما تتلوث بالدخان والسناج الصادر عن مصدر الحرارة (الذى كان فى العادة اللهب). وكان الحل الذى توصل إليه هو هذه العدسة الحارقة العملاقة القابلة للحركة ـ أو العدسة المحدبة ـ التى سحر بها أعين الجماهير الفرنسية فى عام 1774.

تركيز ضوء الشمس

تُحدث الحرارة الكثير من التغيرات فى المادة؛ إذ يمكنها التسبب فى تفاعل المواد المختلفة بعضها مع البعض أو قد تساهم فى إسراع وتيرة التفاعل. ويتم توليد الحرارة فى هذا المثال من خلال تركيز ضوء الشمس بواسطة عدسة محدبة ضخمة ليسقط على قارورة تحتوى على الثلج. وهو ما يؤدى إلى ذوبان الثلج ـ وهو تغير فيزيائى وليس كيميائيًا. وعند تركيز ضوء الشمس على ورقة، فقد تحترق هذه الورقة دون لهيب بل إنها قد تشتعل. وهذا تغير كيميائى وهو أيضًا مثال لعملية الاحتراق.



3 تفكك المادة

تتحول المادة سريعًا إلى أكسيد الكروم وهو مركب يتكون من الكروم والأكسجين، وإلى نيتروجين وبخار ماء ـ وكلاهما غاز غير مرئى.

4 النهاية الرمادية

تتفكك بلورات ثانى كرومات الأمونيوم البرتقالية مخلفةً ركامًا ضخمًا من أكسيد الكروم. بينما يتسرب غاز النتروجين وبخار الماء فى الهواء.

حملاج الكيميائى

كان الكيميائيون يستخدمون هذا الحملاج (أنبوب النفخ) من القرن التاسع عشر لدفع تيار من الهواء القوى المركز بدقة على المواد التى يتم تسخينها داخل اللهب مما يزيد درجة حرارته فى البقعة المعرضة للهواء.

إحدى بنات أفكار بنزن

يوفر موقد الغاز الذى ابتكره روبرت بنزن (1811–1899) لهبًا حارًّا يمكن التحكم فيه، ولا يزال مستخدمًا فى المختبرات العلمية إلى الآن.

الصمام متعدد الاستخدامات

يكمن سر موقد بنزن فى صمام الهواء القابل للضبط والموجود فى قاعدة الأنبوب، الذى يمكن فتحه بدرجات متفاوتة لتغيير شدة اللهب.

احتراق أفضل

تم ابتكار هذه النسخة المتطورة من موقد الغاز المعملى فى عام 1874. وقد زادت من كمية الحرارة التى يمكن الحصول عليها.

موقد بنزن يرجع إلى عام 1889

موقد بنزن مصنوع من الخزف الصينى المقاوم للهب

جـدولـة العنـاصـر

العناصر مواد نقية ـ فهى لا تحتوى على أى شىء آخر ولا يمكن تجزئتها إلى مواد أقل تعقيدًا. وقد اكتشف الكثير من العناصر خلال القرنين الثامن عشر والتاسع عشر، خاصةً من خلال استخدام عمليات مثل التحليل الكهربائى والتحليل الطيفى. فى التحليل الكهربائى يتم تمرير تيار كهربائى خلال المركبات بغرض تفكيكها (ص50–51). أما فى التحليل الطيفى فيتم تحليل الضوء المنبعث من المواد الساخنة بمنظار التحليل الطيفى (ص56–57) وذلك لإظهار نمط الألوان المميز للعنصر. وقد تمكن ديمترى مندليف (1834–1907) من ترتيب العناصر فى «الجدول الدورى» الذى يتخذ من الأنماط الموجودة فى خواص العناصر ـ كنشاطها التفاعلى ـ أساسًا له.



البطاريـة الكهـربـائيـة

صمم همفرى ديفى (1778–1829) بطارية من ابتكاره بعد علمه باختراع أليساندرو فولتا للبطارية الكهربائية فى عام 1800، وقد كانت ضخمة الحجم واشتملت على 250 صفيحة معدنية. واستخدمها فى أغراض التحليل الكهربائى وتحضير العينات النقية من المعادن الجديدة.

الصوديوم يكشف عن ذاته

يحترق ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) فى هذا الاختبار ويعطى لهبًا أصفر اللون، وهو ما يكشف عن وجود عنصر الصوديوم.

تـفـكـيـك الـمـلـح إلى عناصـره الأسـاسـيـة

اكتشف همفرى ديفى الصوديوم من خلال التحليل الكهربائى للملح الذائب فى جهازه. وقد استخدم ديفى التحليل الكهربائى للحصول على المعادن الأخرى التى تتمتع بخواص مشابهة لخواص الصوديوم، مثل الباريوم والبوتاسيوم والمغنسيوم والكالسيوم والأسترنتيوم. ثم استخدم البوتاسيوم لاستخراج عنصر جديد؛ ألا وهو البورون.

اختبـــار اللـهـــب

يعود صندوق أدوات اختبار اللهب هذا إلى القرن التاسع عشر. وهو يشمل أنبوب نفخ لإذكاء النار وملاقيط صغيرة ومواد كيميائية مختلفة لعملية الاختبار. وفى اختبار اللهب يتم وضع كميات قليلة للغاية من المادة على سلك يوضع فى اللهب. وغالبًا ما يشير لون اللهب إلى هوية المادة. فعلى سبيل المثال، يحول البوتاسيوم اللهب إلى اللون البنفسجى، والنحاس الأصفر يحوله إلى اللون الأخضر المائل إلى الزرقة. وتتطلب اختبارات اللهب الاستعانة بموقد بنزن كمصدر للهب (ص 31).

طرف متصل بالبطارية



التحليـــل الكهـربـائـى للمـــواد

يتكون ملح الطعام من أيونات الصوديوم والكلوريد ـ أى ذرات صوديوم موجبة الشحنة، وذرات كلور سالبة الشحنة (ص50–51). وعند إذابة الملح، تتحرك الأيونات بعضها حول البعض. وعند وضع الصفائح المعدنية المتصلة بالبطارية فى الملح المذاب، فإن الصفيحة الموجبة تجذب أيونات الكلوريد، بينما تجذب الصفيحة السالبة أيونات الصوديوم.

الحصول على الضوء الأخضر

اكتشف ويليام كروكس، فى عام 1861 (ص48) عنصرًا جديدًا ـ هو الثاليوم ـ من خلال التحليل الطيفى. وتعرض الصور عيناته الكثيرة من مركبات الثاليوم، مع إحدى مفكراته التى تروى تفاصيل اكتشافه. وقد تمكن كروكس من كشف الكميات الضئيلة من العنصر الجديد نظرًا لأنه يشع ضوءًا أخضر اللون عند وضعه فى لهب حار.

تم وضع مركب سائل فى الصحن الزجاجى بغرض تحليله كهربائيًا

الجـدول الــدورى

يمكن وصف خواص العناصر وفهمها باستخدام الجدول الدورى. وهو يعرض لما يزيد على 100 عنصر، مرتبة بصورة رأسية فى أعمدة (تسمى المجموعات) وبصورة أفقية فى صفوف (تسمى الدورات). وتتغير الخواص بصورة منتظمة على طول كل مجموعة وعلى امتداد كل دورة، لكن العناصر فى كل مجموعة تتمتع بخواص متماثلة بشكل عام. على سبيل المثال، تحتوى المجموعة الثامنة على الغازات الخاملة غير التفاعلية (الغازات النبيلة) مثل الأرجون (Ar)، فى حين تحتوى المجموعة الأولى على المعادن شديدة التفاعلية مثل الصوديوم (Na).

واضـع الجـدول الـدورى

قدّم ديمترى مندليف فى جدوله الدورى تصحيحًا لمعلومات كيميائية كانت مقبولة فيما مضى، كما أنه نجح فى التنبؤ بوجود عناصر جديدة. ويقوم الجدول الدورى الروسى الموضح فى الصورة على أساس جدول مندليف الأصلى الذى وضعه فى عام 1869.

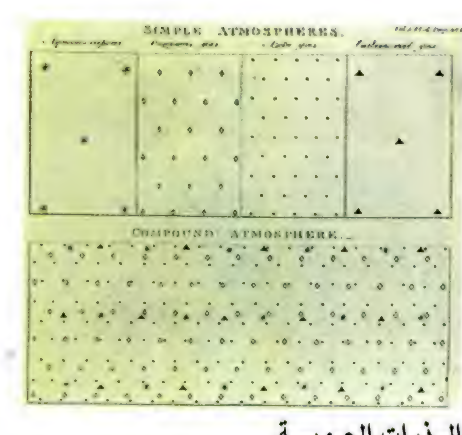
الـذرات البنّـاءة

مع اكتشاف العلماء للمزيد من العناصر، أخذوا يتأملون الطبيعة الأساسية للمادة. وقد حظيت الفكرة القديمة المتعلقة بالذرات (ص8–9) بدعم قوى من چون دالتون (1766–1844) وذلك فى عام 1808. فقد رأى أن لكل عنصر ذرته الفريدة الخاصة به وأن كل مركب يتألف من اتحاد معين لمجموعة من الذرات. كذلك أوضح أن أوزان الذرات بعضها بالنسبة لبعض يمكن تحديدها من خلال وزن العناصر الداخلة فى تكوين مركبات معينة. وبهذه الطريقة يمكن الوصول إلى الوزن المقارن للذرة، ولكن ليس الوزن الفعلى ـ كل ما يمكن قوله فى هذا الشأن أن الذرة أثقل بمرات كثيرة للغاية من الهيدروجين، مثلاً، الذى يعتبر أخف الذرات.

معاينة الذرات عن قرب

الذرات تكون العالم بأسره تمامًا كما تكون الحروف الهجائية الكتاب. وقد كان العلماء فى حاجة إلى النظر للذرات عن قرب لدراستها، كما يحتاج القراء إلى إنعام النظر عن كثب فى الصفحة لدراسة الحروف التى تتكون منها.





الـذرات الجـويـة

رسم چون دالتون هذه المخططات فى عام 1802. فقد كان خبير أرصاد متقد الذكاء وكان يعرف أن الهواء يتكون من العديد من الغازات ـ الأكسجين وبخار الماء وثانى أكسيد الكربون والنيتروجين (انظر المخطط العلوى). طور دالتون نظريته الذرية فى ظل تفسيره لأسباب بقاء هذه الغازات مختلطًا بعضها ببعض، وليس فى شكل طبقات منفصلة.

1 كتـاب العـالـم

إن مجرد نظرة سريعة على أى كتاب توضح أنه يتألف من العديد من الأشياء، مثل الصور والنصوص ذات الأحرف المطبوعة الكبيرة أوالصغيرة والفصول المختلفة. وعلى نحو مماثل، فإن لمحةً سريعة على «كتاب العالم» توضح لنا أنه منظومة مشكالية(*) من أنواع عديدة من المواد الكيميائية. لكن هذه النظرة السريعة وحدها لا تكشف لنا عما إذا كان العالم مؤلفًا من ذرات أم لا.

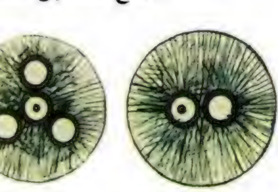
(*) المشكال: أداة تحتوى على قطع متحركة من الزجاج الملون ما إن تتغير أوضاعها حتى تعكس مجموعة لا نهاية لها من الأشكال الهندسية المختلفة الألوان.

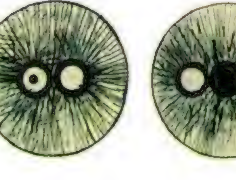
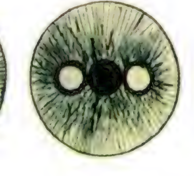
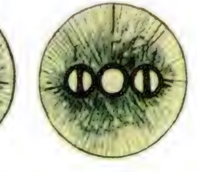
2 صفحة واحدة فى كل مرة

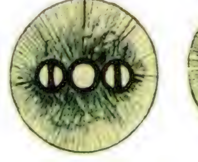
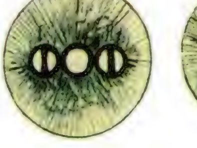
إذا ركز القارئ على صفحة واحدة من «كتاب العالم» (المادة) وتجاهل مؤقتًا بقية الصفحات، فإنه لا يزال يجد أمامه عينةً من العالم كبيرة للغاية مقارنةً بالذرة. وعلى نحو مشابه، نجد أنه عند دراسة المادة بأسلوب علمى فلابد من عزل جزء صغير، على سبيل المثال، من خلال معاينة إحدى المواد فى قارورة فى المعمل. وللحصول على رؤية أكثر تفصيلاً للمادة، يحتاج العلماء إلى استخدام الأدوات العلمية.

المـوائـع المـرنـة

افترض دالتون أن الغازات تتألف من ذرات متباعدة عن بعضها ويمكنها التحرك على نحو مستقل. وهو السبب الذى يفسر إمكانية ضغط الغازات وتمددها. وقد أطلق على الغازات اسم «الموائع المرنة»، وتخيل ذراتها مثل هذه الدوائر.



Propositio xxiiij.
In eclypsi solari minuta casus elicere.
¶ Quadratum distātie centrorum in medio eclypsis aufer a quadrato aggregati semidiametrorum residui. Radix ostendit minuta quesita. Ratio est eadē que in decimaseptima hui9 Et si precisionis labor tibi placeret : poteris vti scientia trianguli spheralis. Nam latus.g.a.est aggregatum semidiametrorum lune 7 solis.a.e.est distantia centrorum in medio eclypsis:7 angulus e.est rectus.igitur.

3 تنـوع لا نهايـة لـه

عند إلقاء نظرة مقربة على جزء من أحد النصوص، نجد أنه يتألف من الكثير من الكلمات المختلفة. وبأسلوب مشابه، فإنه بمساعدة التحليل الكيميائى والأدوات المعملية، فمن الممكن أن نرى كيف أن المادة تتألف من عدد هائل من المواد المختلفة.

quadrato aggregati semidiametrorum residui. Radix osten dit minuta quesita. Ratio est eadē que in decimaseptima hui9 Et si precisionis labor tibi placeret : poteris vti scientia trian guli spheralis. Nam latus.g.a.est aggregatum semidiame

4 نظـرة قاصـرة

قد يمنحنا الميكروسكوب رؤيةً مفصلةً لعينة صغيرة من المادة، لكن هذه العينة قد تكون مؤلفةً من مجموعة متنوعة من المواد. والأمر شبيه بالجملة التى تتكون من الكثير من الكلمات المختلفة.

Ratio

5 كلمـات المـادة

إن «الكلمات» فى «كتاب العالم» هى «مجموعات الذرات» أو «الجزيئات» (ص36–37). ونجد فى صفحات هذا الكتاب أن حروف الهجاء العربية البالغ عددها 28 حرفًا تشكل كلمات. بينما تتكون الجزيئات من حوالى 90 نوعًا مختلفًا من الذرات.



جون دالتون

ذرات وعنـاصـر دالتــون

فى عام 1808، نشر جون دالتون نظريته الذرية، التى كان ينادى من خلالها بأن المادة بجميع أشكالها تتكون من ذرات لا يمكن تجزئتها، وأن كل عنصر يتكون من ذرات ذات وزن مميز، وأن المركبات تتكون عند اندماج ذرات العناصر المتباينة معًا بنسب محددة. وتعرض الصورة فى الأسفل للرموز التى وضعها دالتون لذرات العناصر البالغ عددها 36، والتى اعتقد فى وجودها (يوجد الآن أكثر من 100 عنصر). ويمكن القول إن بعضًا من عناصر دالتون الموضحة هنا ـ مثل الكلس (الجير) والصودا ـ هى فى حقيقة الأمر مركبات وليست عناصر. كما قام دالتون بحساب وزن ذرة كل عنصر من خلال مقارنتها بالهيدروجين.



ELEMENTS

Element	W	Element	W
Hydrogen	1	Strontian	46
Azote	5	Barytes	68
Carbon	54	Iron	50
Oxygen	7	Zinc	56
Phosphorus	9	Copper	56
Sulphur	13	Lead	90
Magnesia	20	Silver	190
Lime	24	Gold	190
Soda	28	Platina	190
Potash	42	Mercury	167

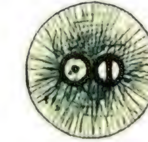
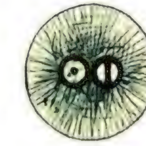
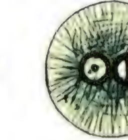
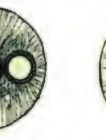
عناصر دالتون

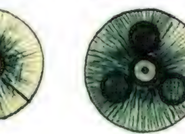
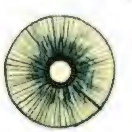
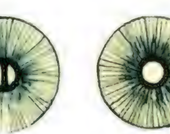
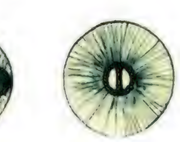
6 الأحـرف المنفـردة

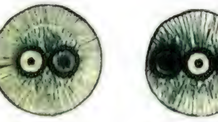
الأحرف الموجودة على الصفحة المطبوعة توازى الذرات. وكما أن الأحرف تجتمع لتكون الكلمات، فإن الذرات تشكل الجزيئات. وليس ثمة حد لعدد الكلمات التى يمكن تكوينها من الأحرف الهجائية، وكذلك الحال بالنسبة لعدد المركبات التى يمكن تكوينها من الذرات. ومع هذا، فليست جميع التركيبات الممكن تأليفها من الأحرف مسموحًا بها أو مقبولة، وكذلك جميع المجموعات المؤتلفة المكونة من الذرات.



ذرة الكربون كما تخيلها دالتون



الجزيئات



نموذج لجزىء المونوكلوروميثان. نوع من المذيبات. يعود إلى القرن التاسع عشر

من الممكن أن توجد الذرات فى حالة منفردة فى بعض الغازات، لكنها تشكل فى الكثير من المواد مجموعات يطلق عليها اسم «الجزيئات». على سبيل المثال، يتكون جزىء الماء من ذرة أكسجين (O) متحدةً مع ذرتى هيدروجين (H). وتتمثل الصيغة الكيميائية له بـ H_2O. وهناك بعض الجزيئات التى قد تكون أكبر من هذا، فهى تحتوى على آلاف من الذرات. وقد أدرك العلماء فى منتصف القرن التاسع عشر أن بإمكان الروابط الكيميائية تفسير أشكال ارتباط الذرات ببعضها لتشكيل الجزيئات. والرابطة مثل الخطاف الذى يمكنه أن يرتبط بخطاف مماثل فى ذرة أخرى. على سبيل المثال، تحتوى ذرة غاز النتروجين على ثلاثة خطافات، بينما تحتوى ذرة الهيدروجين على خطاف واحد. وفى إمكان كل رابطة فى ذرة النتروجين الالتحام بالرابطة الموجودة فى ذرة الهيدروجين، وهو ما ينتج عنه جزىء النشادر NH3 وهو الغاز الذى ينطلق من أملاح الشم.

التناغم بين الذرات

تشتمل ذرة الكربون (C) على أربع روابط، والنتروجين (N) على ثلاث روابط، والهيدروجين (H) على رابطة واحدة، والكبريت (S) والأكسجين (O) على اثنتين لكل منهما. فيتحد النتروجين مع ثلاث ذرات من الهيدروجين لتشكيل جزىء من النشادر (NH_3).

1 المادة الأولية

حجر الكلس (الجير) هو صخر ضارب إلى البياض يحمل الاسم الكيميائى كربونات الكالسيوم. وكما يوحى الاسم فإن جزىء حجر الكلس يحتوى على ذرات من الكالسيوم والكربون، لكنه يحتوى أيضًا على الأكسجين. وترتبط كل ذرة من الكربون بإحكام بثلاث ذرات من الأكسجين، وتتصل هذه المجموعة بذرة واحدة من الكالسيوم بشكل أقل ترابطًا.

حجر الكلس (كربونات الكالسيوم)



أفكـار إيطاليـة

رأى «أميديو أفوجادرو» (1776–1856) أن الحجمين المتساويين من أى غازين يوجد بهما نفس العدد من الجزيئات، شريطة أن يكون الغازان عند درجتى الحرارة والضغط ذاتهما. وقد تعرضت هذه الفكرة للتجاهل التام لما يقارب 50 عامًا إلى أن أعلن عنها كيميائى إيطالى آخر هو ستانيسلاو كانيتسارو (1826–1910). وقد نالت هذه الفكرة قبولاً سريعًا حينها وساعدت فى توضيح الكثير من التفاعلات الكيميائية.

اقتراح وجيـه

كان «جونز چاكوب بيرزيليوس» (1779–1848) من أوائل من أشاروا إلى تماسك الذرات ببعضها فى الجزيئات من خلال القوى الكهربائية (ص 60–61).

3 إضافة المـاء

عند إضافة الماء إلى مسحوق أكسيد الكالسيوم فإن ثمة تفاعلاً قويًا ينتج عن ذلك؛ ولهذا، ينتفخ المسحوق وتنبعث الحرارة منه. ويحدث هذا نتيجة قيام جزيئات أكسيد الكالسيوم والماء - H_2O - بإعادة ترتيب نفسها لتشكيل جزيئات هيدروكسيد الكالسيوم، وهى مادة ناعمة عجينية. وكما يوحى اسمه، فإن هذا الجزىء يحتوى على الكالسيوم والهيدروجين والأكسجين. والصيغة الكيميائية له هى $(Ca(OH)_2)$ - وهى توضح وجود زوجين من الأكسجين والهيدروجين (OH) مرتبطين بذرة كالسيوم.

4 العودة إلى كربونات الكالسيوم

تجف جزيئات هيدروكسيد الكالسيوم وتتحجر. وتنطلق جزيئات الماء (H_2O) فى الهواء، بينما يتم امتصاص جزيئات ثانى أكسيد الكربون (CO_2) من الهواء. ويتحول هيدروكسيد الكالسيوم ($Ca(OH)_2$) إلى كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) وهو الشكل المطابق من الناحية الكيميائية للمادة الأولية. ويمكننا القول إن كربونات الكالسيوم التى أعيد تشكيلها تبدو مختلفةً عن حجر الكلس الأصلى؛ إذ لم يتم تشكيلها تحت ضغط شديد فى باطن الأرض.

2 تسخين حجر الكلس

عند تسخين حجر الكلس فإنه يتحول إلى مسحوق ناعم سهل التفتت يطلق عليه اسم أكسيد الكالسيوم. ويحدث هذا الأمر نتيجة تفتت كل جزىء من كربونات الكالسيوم الأصلية إلى جزيئين صغيرين. وأحد هذين الجزيئين يتألف من ذرة كالسيوم (Ca) مرتبطة بذرة أكسجين (O) مكونًا CaO (أكسيد الكالسيوم). بينما يتكون الجزىء الآخر من ذرة كربون مرتبطة بذرتى الأكسجين الأخرين مكونًا CO_2. وهو غاز ثانى أكسيد الكربون الذى يتسرب إلى الهواء.

حركـة الجزيئـات



حبوب لقاح تم تكبيرها عدة مرات. وهى مفتاح التوصل لحركة الجزيئات

كانت هناك نظرية واسعة القبول حتى منتصف القرن الثامن عشر، مفادها أن الحرارة عبارة عن «سائل» يحمل اسم السيال الحرارى، لكن فى عام 1799 لاحظ الكونت رمفورد (1753–1814) أن ثمة كميات لا حصر لها من الحرارة يمكن توليدها فى ثقب ماسورة المدفع. وقد افترض أن عملية الثَّقْب كانت تزيد من حركة الذرات التى يتألف منها المعدن. وقد حظيت هذه الفكرة بالدعم والتأييد عندما أجرى جيمس جول (1818–1889) عددًا من التجارب العلمية بهدف قياس قدر الشغل المطلوب لتوليد قدر محدد من الحرارة. عند تعريض المادة للحرارة تزداد حركة الجزيئات وترتفع درجة الحرارة. وأدرك العلماء تدريجيًا أن الفروق بين الحالات الثلاث للمادة ـ الصلبة والسائلة والغازية ـ (ص22–23) تنتج عن حركة الجزيئات. فالجزيئات فى المادة الصلبة ثابتة، لكن من الممكن أن تهتز، بينما نجد أن الجزيئات فى المادة السائلة تتحرك هنا وهناك، لكنها تظل متصلةً، أما فى المادة الغازية فإن الجزيئات تطير بحرية وتتحرك فى خطوط مستقيمة إلى أن تصطدم ببعضها أو بالأشياء الأخرى.



تراقص حبوب اللقاح

فى عام 1827، قام روبرت براون (1773–1858) بمعاينة حبوب اللقاح تحت الميكروسكوب. وقد كانت الحبوب معلقة فى سائل، وكانت فى حركة مستمرة. اعتقد براون أن الحركة تولدت فى جزيئات اللقاح، لكن كلاً من ألبرت أينشتاين (ص55) فى عام 1905، وجين بيرين (1870–1942) فى عام 1909 فسرا الأمر على أن حبوب اللقاح كانت تتلقى ضربات وصدمات من حركة جزيئات السائل.

قياس التمدد الحرارى

عند تسخين مادة صلبة، فإن اهتزاز جزيئاتها يتزايد، ويحتاج كل جزىء عندئذ حيزًا أكبر للاهتزاز، ومن ثم تتمدد المادة الصلبة. وتوضح هذه الأداة ـ البيرومتر (مقياس درجات الحرارة المرتفعة)، والذى يعود للقرن التاسع عشر ـ كيف أن طول القضيب المعدنى يزداد عند تسخينه بواسطة لهب الغاز الموضوع أسفله، ثم ينكمش ثانيةً عندما يبرد.

يتحرك المؤشر حول القرص المدرج لتوضيح درجة تمدد القضيب

أداة تثبيت عند الطرف المثبت من القضيب

القضيب المعدنى المراد تسخينه

موقد يعمل بالكحول الأبيض لتسخين القضيب

تدور الرافعة عندما يتغير طول القضيب

يتحرك الطرف الحر للقضيب مع تمدده

دعامة لطرف القضيب الحر

يحافظ الثقل على بقاء آلية الرافعة وثيقة الاتصال بطرف القضيب



التحول إلى الحرارة

فى أربعينيات القرن التاسع عشر استخدم جيمس جول جهاز احتكاك الماء هذا فى قياس كمية الحرارة التى يتحول إليها قدر معلوم من «الشغل» الميكانيكى. وقد تم إحداث الشغل بواسطة ثقل يعمل على تدوير بدالات فى وعاء من الماء. وقد حدت الريشات المثبتة من دوران المياه، ومن ثم تحول الشغل المبذول إلى حرارة. وقام جول بقياس ارتفاع درجة حرارة الماء، وحسب كمية الحرارة المتولدة. وأضافت النتائج التى خلص إليها دليلاً ماديًا إلى النظرية التى تقول إن الحرارة تتولد عن حركة الجزيئات.

قياس درجات الحرارة

قام جيمس جول بقياس «معدل التبادل» بين الحرارة والشغل الميكانيكى والطاقة الكهربائية.

حركة الغازات

كان «لودفيج بولتسمان» (1844–1906) أحد العلماء الأوائل الذين افترضوا أن الجزيئات الموجودة فى الغازات تتحرك بسرعات متباينة (بينما افترض من سبقه من العلماء ببساطة أن جميع الجزيئات تتحرك بالسرعة نفسها). وقد استنتج هذا العالم أن فى إمكان جزيئات الغاز الدوران والاهتزاز وكذلك الحركة خلال الفراغ.

قابلية التحرك إلى أعلى

تتمدد الغازات لتشغل الحيز المتاح. ويظهر فى هذه الصورة غاز البروم - وهو غاز أثقل من الهواء الجوى - وقد وضع فى الجرة السفلية. لكن عند إزالة الشريحة الفاصلة، فإن جزيئات البروم تنتشر فى الجرة العلوية.

قانون بويل

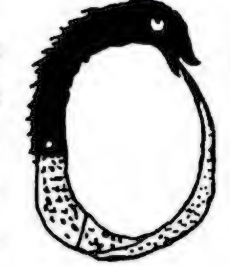
رأى بويل (ص26) أنه عند دفع أحد الغازات فى وعاء ذى حجم أصغر منه، فإنه يولد ضغطًا هائلاً. ويرجع هذا إلى أن الجزيئات تصطدم بجدران الوعاء بصورة متكررة أكثر.

قانون تشارلز

رأى تشارلز (ص 21) أنه عند تسخين أحد الغازات فإنه يولد ضغطًا هائلاً، وسوف يتمدد إذا كان ذلك فى الإمكان، فالجزيئات تتحرك بشكل أسرع وتصطدم بشدة أكبر مع جدران الوعاء.

حلقات وسلاسل الكربون

يتفرد الكربون بخاصية مميزة تتمثل فى عدد المركبات التى يمكن أن يكونها وما تتسم به من تعقيد. فثمة ما يزيد على 7 ملايين مركب معروف فى وقتنا الحاضر يحتوى على الكربون، مقارنةً بحوالى 100,000 مركب مكونة من جميع العناصر الأخرى. والكربون عنصر ضرورى لكيمياء جميع الكائنات الحية (ص 42–43). فمن السهولة ارتباط ذرة الكربون بذرات الكربون الأخرى، وبمعظم أنواع الذرات الأخرى مستخدمة «خطافاتها» الكيميائية الأربعة أو روابط التكافؤ (ص 36–37). وقد يكون لجزيئات الكربون «عمود فقرى» متمثل فى سلسلة طويلة من ذرات الكربون، سواء أكانت هذه السلسلة مستقيمةً أم متفرعةً. كما يمكن لذرات الكربون تكوين حلقات، من الممكن ربطها بالحلقات الأخرى أو بسلاسل الكربون بغية تكوين بنيات معقدة تتألف فى بعض الأحيان من آلاف الذرات.



الدائرة المغلقة
تشبه بنية جزىء البنزين ـ أحد أشكال الكربون ـ ثعبانًا يبتلع ذيله.

ضغط يعود إلى ما قبل التاريخ
إن الفحم عبارة عن البقايا المتحجرة من الأشجار والنباتات الأخرى التى دفنت فى المستنقعات. وعلى مدى ما يزيد على 345 مليون سنة تحولت هذه البقايا إلى صخور سوداء ناعمة بفعل الضغط الهائل والمستمر من طبقات الصخور الأخرى. ويتألف الفحم فى الأغلب من الكربون وبعض من الهيدروجين والأكسجين والنتروجين والكبريت. ويمتص الكربون الموجود فى الفحم الأكسجين من الهواء ويحترق بشدة، لذا فهو مصدر وقود نافع.

الفحم النباتى
يتم الحصول على الفحم النباتى ـ أحد أشكال الكربون ـ عند تسخين مواد مثل الخشب أو العظام أو السكر على درجات حرارة عالية فى ظل انعدام وجود الهواء. والفحم النباتى مادة لينة يسهل أن تترك أثرًا كالحبر، كما أنه مادة ممتازة تستخدم فى الرسم.

الجرافيت

الجرافيت
الجرافيت ـ الذى يعرف أيضًا بالرصاصية (نبات استوائى جميل الزهر) ـ هو شكل من أشكال الكربون يوجد على هيئة معدن لين. ومن السهولة فلقه وتكسيره إلى رقائق. والجرافيت هو المكون الأساسى لأقلام الرصاص وهو يستخدم على نطاق واسع كزيت تشحيم.



أثناء النوم
حاول فريدريك كيكوليه (1829–1896) لفترة طويلة اكتشاف كيفية ارتباط ذرات الكربون الست فى جزىء البنزين بذرات الهيدروجين الست. وقد توصل إلى الحل فى أثناء نومه، فحلم بصف من ذرات الكربون والهيدروجين وقد اتخذت شكل حلقة مغلقة كثعبان يبتلع ذيله.

البنزين

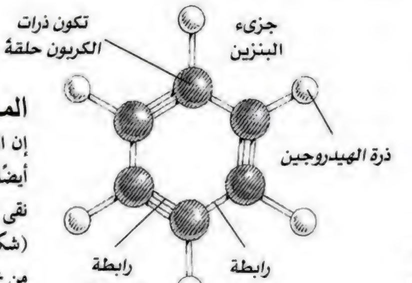
جزىء الماس

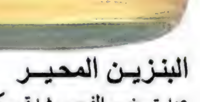
تتراص ذرات الكربون فى شكل شبكى معقد

رابطة مفردة

الألماس

الماس وعلاقته بالكربون
إن الماس هو أكثر المواد الطبيعية صلابةً. وهو حجر كريم، لكنه يستخدم أيضًا كطرف قاطع فى المثقاب أو فى صقل المواد. ويتألف الماس من كربون نقى تمامًا، كما أن ذراته متراصة فى شكل شبكة ثلاثية الأبعاد فى غاية القوة (شكل متكرر داخل البلورة). وترتبط كل ذرة بأربع من الذرات المجاورة لها من خلال الروابط الكيميائية المفردة. ويتكون الماس فى المواقع التى تعرض فيها الكربون لضغوط جيولوجية ودرجات حرارة هائلة فى باطن الأرض.





البنزين المحير
عند تسخين الفحم بشدة يمكن الحصول على سائل عديم اللون ـ هو البنزين. ويُعد تركيب البنزين هو الأساس لعدد هائل من مركبات الكربون المهمة. وقد حير تركيب جزىء البنزين الكيميائيين إلى أن فكر كيكوليه فيه كحلقة من ذرات الكربون متصلة بذرات الهيدروجين.



حقائق عن الدهـون

الزبدة هى خليط من الدهون ـ التى هى مواد مشتملة على الكربون وذات أهمية كبيرة لتخزين الطاقة فى الكائنات الحية، بينما تسمى المواد المماثلة، والتى تكون سائلةً عند درجة حرارة الغرفة بالزيوت.

التنظيف بالكربون

يتكون الصابون من مواد ذات سلاسل طويلة من ذرات الكربون ـ يبلغ عددها فى العادة 15 أو 17. ويتصل طرف كل جزىء من جزيئات الصابون بالماء، بينما يتصل الطرف الآخر بالزيت. وهو ما يمكن الصابون من تفكيك الزيت والشحم إلى قطرات صغيرة فى الماء.

الجمال الأسود

الكهرمان الأسود هو نوع من الفحم يطلق عليه اسم الليجنيت، وهو يتألف فى معظمه من الكربون. ويمتاز الكهرمان الأسود بلونه الأسود المخملى القاتم، ومن السهل نقشه وتلميعه. وقد استخدم فى صناعة الحلى منذ فجر التاريخ.

طبقات الذرات

إن كلاً من الجرافيت والماس هما شكلان متبلران من الكربون. وعلى عكس الماس، نجد أن ذرات الكربون الموجودة فى الجرافيت تتصل ببعضها على هيئة طبقات مسطحة. وتتصل كل طبقة منها اتصالاً ضعيفًا بالطبقة التى تليها؛ ومن ثم من الممكن أن تنزلق الذرات الموجودة فى الطبقات بسهولة فوق بعضها.

الكربون كروى الذرات

أحد أكثر أشكال الكربون التى اكتشفها العلماء غرابةً يتألف من مجموعات كروية من ذرات الكربون ـ قطرها جزء من البليون من المتر. وتمثل الصورة التى تظهر بلون غير حقيقى هنا أبسط أشكالها، التى تحتوى كل كرة فيها على 60 ذرةً. وهى تُسمى باكمينسترفولرين نسبة إلى «باكمينستر فولر» (1895–1983) المهندس المعمارى الذى طور القبة الجيوديسية الشبيهة بهذه المجموعات الكروية. وعلى الرغم من أن اكتشافها لم يأت إلا مؤخرًا، فإن مادة باكمينسترفولرين شائعة إلى حد كبير ويمكن العثور عليها فى جسيمات السناج.

الطاقة السائلة

تتخذ معظم جزيئات البنزين شكل سلاسل تحتوى على ما بين خمس وعشر ذرات كربون. ويحتوى جزىء البنزين لـ «الأوكتين» (على اليمين) على ثمانى ذرات من الكربون. ويُعد البنزين أحد مشتقات زيت البترول، وهو خليط من السوائل والمواد الصلبة والغازات التى تمثل البقايا المتحجرة لصور الحياة الميكروسكوبية.

المـادة الحيـة

أشكال أصلية من نموذج الحامض النووى DNA لكل من واطسون وكريك

ليست الحيوانات والنباتات سوى أشكال من المادة الحية معقدة بدرجة مذهلة، ففى إمكان هذه الكائنات النمو والتوالد والحركة والاستجابة لظروف بيئاتها. وكان كثيرون من العلماء يعتقدون حتى أواخر القرن التاسع عشر أن ثمة «مبدأ حيويًا» يجب أن يكون هو المتحكم فى سلوك هذه المادة الحية، لكن مثل هذه الاعتقادات تغيرت عندما أصبح فى مقدور العلماء اصطناع مجموعة من المواد العضوية (وهى المواد التى وجدت من قبل فى الكائنات الحية فقط) ومن ثم بدءوا فى تفسير كيمياء العمليات التى تتم داخل الكائنات الحية. وكان يعتقد فيما مضى أن الذباب وغيره من الكائنات الصغيرة الأخرى تتطور متكونة تلقائيًا من المادة المتعفنة، لكن «لويس باستور» (1822–1895) أوضح أن أشكال الحياة الجديدة لا تنبع إلا من الكائنات الحية الموجودة بالفعل، فما تمكن العلماء من تخليق كائن حى فى مختبر علمى من مادة غير حية مطلقًا، وهو ما يجعلنا نتجاهل تلك الأقاويل التى تزعم تطور الحياة على الأرض من «حساء» من الجزيئات غير الحية.

ذباب فى الحساء

فى ستينيات القرن التاسع عشر أدرك لويس باستور أن أشكال الحياة الجديدة تنتج عن المادة الحية فقط وذلك عندما غلى قارورة من الحساء وتركها. فعندما وقع الغبار المحمل فى الهواء فى الحساء، نمت الكائنات الميكروسكوبية به. لكن عندما لم يصل للحساء إلا الهواء الخالى من الغبار لم ينم أى شىء.

تحليل المادة العضوية

قام العلماء بالفحص الدقيق للكثير من المواد «العضوية» خلال القرن التاسع عشر. وقد استخدم هذا الجهاز (فى الصورة على اليمين) فى ثمانينيات القرن التاسع عشر لقياس النتروجين فى البولة.

تم ملء أنبوب القياس بالماء المقطر

تم وضع المحلول المشبع بكلوريد الصوديوم (ملح الطعام) فى كوب زجاجى

أنبوب مركزى

تم وضع محلول هيبوبروميت الصوديوم هنا

عندما فُتح الصنبور، امتزجت المحاليل معًا وأنتج النتروجين وجرى تجميعه فى أنبوب القياس

تم وضع عينة من البولة تحتوى على تركيز غير معروف من النتروجين هنا

التعـرف علـى البَـوْلـة

مثلت عملية التركيب الاصطناعى للبولة (اليوريا) ـ وهى مادة كيميائية تحتوى على النتروجين توجد فى مخلفات الحيوانات ـ نقطة تحول فى فهمنا للحياة. وقد تمكن فريدريك ڤولر (1800–1882) من تركيب البولة فى عام 1828 من النشادر وحمض السيانيك.

CO_2

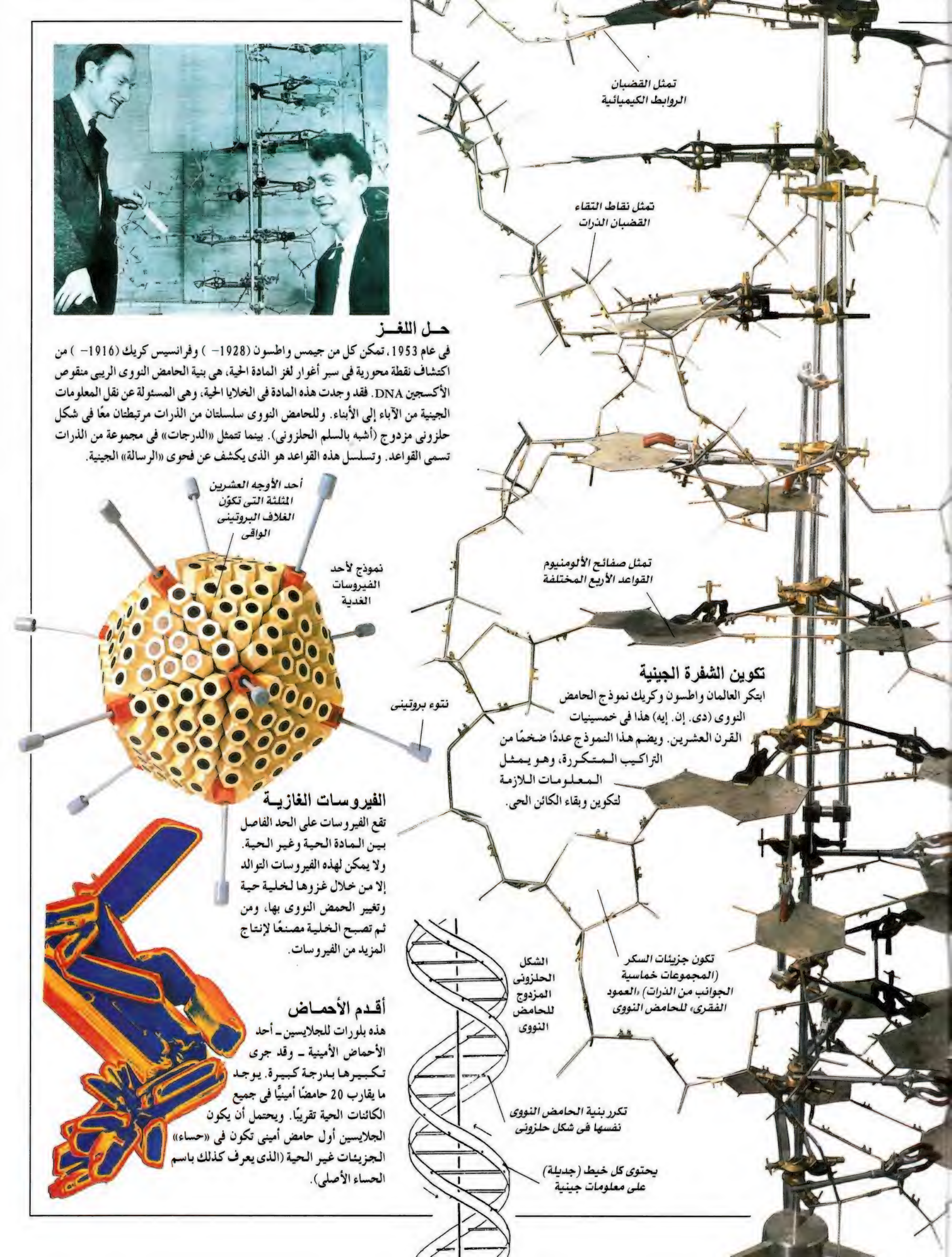
تمتص الحيوانات الكربون من النباتات الخضراء، وتشتمل مخلفات الحيوانات وأجسامها المتحللة على الكربون

تمتص النباتات الخضراء وتطلق غاز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء

تمتص الصخور وتطلق غاز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء

دورة لا تنتهـى مطلقـًا

إن الكربون هو أساس جميع أشكال المادة الحية، فهو يدور بين الهواء والمحيطات والصخور والكائنات الحية، وتمتص النباتات الخضراء غاز ثانى أكسيد الكربون (CO_2) من الهواء. وتستخدم الكائنات آكلة النباتات الكربون الموجود فى النباتات فى بناء الأنسجة. ويعود الكربون ثانيةً إلى البيئة من خلال المخلفات الحيوانية وكذلك عند تحلل أجسام الحيوانات الميتة. كما تمتص الصخور والماء ثانى أكسيد الكربون وتطلقه فى الهواء، وبالتالى تكمل الدورة.



حـل اللغـز

فى عام 1953، تمكن كل من جيمس واطسون (1928–) وفرانسيس كريك (1916–) من اكتشاف نقطة محورية فى سبر أغوار لغز المادة الحية، هى بنية الحامض النووى الريبى منقوص الأكسجين DNA. فقد وجدت هذه المادة فى الخلايا الحية، وهى المسئولة عن نقل المعلومات الجينية من الآباء إلى الأبناء. وللحامض النووى سلسلتان من الذرات مرتبطتان معًا فى شكل حلزونى مزدوج (أشبه بالسلم الحلزونى). بينما تتمثل «الدرجات» فى مجموعة من الذرات تسمى القواعد. وتسلسل هذه القواعد هو الذى يكشف عن فحوى «الرسالة» الجينية.

تكوين الشفرة الجينية

ابتكر العالمان واطسون وكريك نموذج الحامض النووى (دى. إن. إيه) هذا فى خمسينيات القرن العشرين. ويضم هذا النموذج عددًا ضخمًا من التراكيب المتكررة، وهو يمثل المعلومات اللازمة لتكوين وبقاء الكائن الحى.

الفيروسات الغازيـة

تقع الفيروسات على الحد الفاصل بين المادة الحية وغير الحية. ولا يمكن لهذه الفيروسات التوالد إلا من خلال غزوها لخلية حية وتغيير الحمض النووى بها، ومن ثم تصبح الخلية مصنعًا لإنتاج المزيد من الفيروسات.

أقـدم الأحمـاض

هذه بلورات للجلايسين ـ أحد الأحماض الأمينية ـ وقد جرى تكبيرها بدرجة كبيرة. يوجد ما يقارب 20 حامضًا أمينيًا فى جميع الكائنات الحية تقريبًا. ويحتمل أن يكون الجلايسين أول حامض أمينى تكون فى «حساء» الجزيئات غير الحية (الذى يعرف كذلك باسم الحساء الأصلى).

تصميم الجزيئات



فى منتصف القرن التاسع عشر، بدأ الكيميائيون فى استخدام معرفتهم الجديدة بالجزيئات العضوية (ص42 ـ 43) فى صناعة مواد جديدة ذات خصائص قيمة. فقد صنع «ألكسندر باركس» (1813–1890) مادة الباركسين ـ وهى عبارة عن عاج صناعى ـ فى عام 1862. وفى عام 1884، صنع «هيلير دو شاردونيه» (1839–1924) الرايون ـ وهو أول نسيج ألياف صناعى ـ من خلال محاكاة التركيب الكيميائى للحرير. وقد أصبح المطاط أكثر صلابةً ونفعًا عبر عملية تقسية المطاط بمعالجته بالكبريت، والتى ابتكرت فى عام 1839. وقد كان ليو باكلاند (1863–1944) أول من أدخل عصر اللدائن (البلاستيك)، فقد ابتكر مادة الباكلَيت فى عام 1909. واللدائن عبارة عن بوليمرات ـ جزيئات ضخمة متعددة الأجزاء تشتمل على آلاف المجموعات المتماثلة من الذرات المتصلة ببعضها. وفى الإمكان تشكيل اللدائن من خلال التسخين والضغط، ثم تثبت بعد ذلك على الشكل الذى اتخذته. ومن خصائص اللدائن أنها غير متفاعلة ولا تسبب اضطرابًا فى كيمياء الجسم عند استخدامها كمفصل تعويضى للورك ـ على سبيل المثال، لكن التخلص من نفايات اللدائن يمثل مشكلةً كبيرةً؛ فمعظم اللدائن لا يتحلل. وبالإضافة إلى اللدائن، فقد صمم خبراء الكيمياء المحدثون الكثير من المنتجات الأخرى النافعة مثل العقاقير والمنظفات والسائك.

طقم أسنان صناعية يعود إلى سبعينيات القرن التاسع عشر

سماعة تليفون مصنوعة من الباكليت

مادة الباكليت

استخدمت أولى اللدائن الصناعية على الإطلاق ـ وهى مادة الباكليت ـ فى صناعة التليفونات الأولى وغيرها من الأجهزة الكهربائية. وقد تم تطوير هذه المادة فى الولايات المتحدة عام 1909.

منتجات الأبونيت

تمت صناعة هذا الجزء من آلة الساكسفون الموسيقية من مادة الأبونيت ـ نوع من المطاط المقسَّى (المقوَّى). وهو يعرف أيضًا بالفلكانيت.

يشبه الأبونيت خشب الأبنوس

مجفف شعر مصنوع من مادة الباكليت

بديل الحرير

تم إنتاج النيلون ـ وهو ألياف صناعية يمكن غزلها ونسجها ـ على نطاق واسع لأول مرة فى أربعينيات القرن الماضى. وقد استخدم فى الأساس فى صناعة الجوارب والملابس الداخلية.

الجمع بين الصلابة والمرونة

صُنِعت كرات البلياردو هذه من مادة السليوليد ـ وهى عبارة عن بلاستيك صلب. كذلك تمتاز بمرونتها، وقد استخدمت كقاعدة للأفلام الفوتوغرافية وفى صناعة ياقات قمصان الرجال.

المطاط الصناعى

تمَّ ابتكار مطاط الأيزوبرين المخلَّق فى عام 1892. وهى مادة أكثر مقاومةً للبلى من المطاط الطبيعى. وأصبحت هذه المادة فى غاية الأهمية بالنسبة للحلفاء خلال الحرب العالمية الثانية، عندما استولى خصومهم على مزارع المطاط فى جنوب شرقى آسيا.

عينة من الأيزوبرين



كـرة البلاطـة

تستخدم البلاطة ـ وهى مادة تشبه المطاط ـ فى صناعة الغطاء الخارجى لكرات الجولف. تجدر الإشارة إلى الندرة الشديدة لوجود مادة البلاطة الطبيعية فى الوقت الحالى؛ ومن ثم فقد اقتضت الحاجة وجود شكل اصطناعى منها.

الغطاء الخارجى لكرة الجولف، وهو مصنوع من مادة البلاطة

فـى إطـارات النظـارات

يستخدم نوع صلب وعالى الكثافة من مادة البوليثين فى بعض الأحيان لصناعة إطارات النظارات. لكن استخدامها الأكثر شيوعًا يظهر فى صناعة صناديق التغليف.

أقلام الحبر المجزعة

ساهمت الأغمدة البلاستيكية فى جعل أقلام الحبر أرخص سعرًا. وقد تم ابتكار مظهرها المجزع كالرخام من خلال مزج لدائن ملونة مختلفة.

غطاء بلاستيكى مقـاوم للحـرارة

مادة الباندبلاستا هى مادة تمت تقسيتها بالتسخين أثناء صناعتها، وهى بالتالى مادة مقاومة للحرارة.

غطاء من الباكليت مجزع بعض الشىء

اختبار الشاشة

يتعامل الكيميائيون الآن مع الجزيئات على شاشات الكمبيوتر. ويبدو فى هذه الصورة جزىء «الإنكفالين» ـ وهو مادة طبيعية توجد فى المخ وتؤثر على إدراكنا للألم. وتتميز ذرات هذا الجزىء بأنها تحتل مواضعها وفقًا لشفرة الألوان وهى فى نسبها الصحيحة. على الجانب الآخر، يمكن تعديل مواضعها هذه، أو إضافة مجموعات جديدة إليها. وقد سجل الكمبيوتر معلومات تتعلق بالقوى بين الذرات (ص60–61)؛ لذا فإن المجموعات غير الممكنة من الناحية الكيميائية غير مسموح بها. ومن الممكن اختبار الجزىء المقترح بدقة على الشاشة، وهو ما يوفر الكثير من الوقت الثمين الذى يقضيه العلماء فى أبحاثهم المعملية.

الشخصية البلاستيكية

تستخدم دمية رجل ميشلان فى الترويج لإطارات السيارات من نوع ميشلان، وهى إطارات مصنوعة من المطاط المقسى.

أجهـزة حـارة

تشكل مادة الباكليت عازلاً جيدًا لكل من الحرارة والكهرباء، وقد استخدمت فى صناعة أشياء مثل مجفف الشعر هذا الذى يعود إلى ثلاثينيات القرن العشرين.

النشـــاط الإشـعـاعـى



أشعة بيكيريل

فى أثناء دراسته للأشعة السينية (وهى الأشعة التى يمكنها اختراق مواد معينة) اكتشف أنطوان بيكيريل (1852–1908) بمحض الصدفة نوعًا جديدًا من الأشعة غير المرئية القادرة على اختراق الأشياء. وفى عام 1896، وجد أن فى إمكان بلورات مركب اليورانيوم أن تشوش الفيلم الفوتوغرافى حتى إذا كان الفيلم ملفوفًا فى غلاف من الورق الأسود.

فى عام 1880 كان الاعتقاد السائد حينها أن الذرة لا يمكن اختراقها وأنها غير قابلة للتغيير. لكن بحلول عام 1900 اتضح أن هذه النظرة لم تكن صحيحةً على الإطلاق، فقد ظهر للعالم اكتشاف مهم جديد، ذلك هو النشاط الإشعاعى؛ الذى يعنى انبعاث إشعاعات غير مرئية بواسطة أنواع معينة من الذرات، وهو أمر يحدث بشكل تلقائى ولا يتأثر بالتفاعلات الكيميائية أو درجة الحرارة أو العوامل الفيزيائية. وهذه الإشعاعات هى ألفا أو بيتا أو جاما. وبذل إرنست رذرفورد (1871–1937) أقصى ما فى وسعه لتوضيح ماهية النشاط الإشعاعى. وقد وجد أن جسيمات أشعة ألفا عبارة عن ذرات هليوم دون إلكترونات (ص48 ـ 49) وأن جسيمات أشعة بيتا عبارة عن إلكترونات سريعة. وعند انطلاق جسيمات أشعة ألفا أو بيتا من الذرة، فإن الذرة المتخلفة عن هذه العملية تصبح من نوع مختلف. ومثل هذه التغيرات قد تتسبب فى انبعاث أشعة جاما ـ التى هى عبارة عن نوع من الإشعاع الكهرومغناطيسى. ومن ثم صارت عملية تحويل المعادن الخسيسة إلى ذهب وفضة ـ وهى الحلم الذى طالما راود علماء الكيمياء القديمة طويلاً فى ظل سعيهم الدءوب لتحويل عنصر إلى آخر ـ أمرًا ممكنًا بالفعل. وقد أصبح الجميع على دراية الآن بأن التعرض للإشعاعات، سواء فى شكل جرعات كبيرة، أو جرعات صغيرة على مدى فترات زمنية طويلة، يمكن أن يسبب للإنسان المرض والوفاة أيضًا. وبالرغم من هذا، فإن للنشاط الإشعاعى استخدامات مهمة كثيرة. على سبيل المثال، من الممكن فحص الأشياء المعدنية بالأشعة السينية، مع أشعة جاما، كما يمكن أيضًا تعقب العقاقير التى تتحرك فى أنحاء الجسم من خلال العناصر الاستشفافية ذات النشاط الإشعاعى، ويمكن تحديد العصور التاريخية التى ترجع إليها الاكتشافات الأثرية من خلال قياس نشاطها الإشعاعى.

صورة كاريكاتيرية للزوجين كورى

زوجـان فضـوليـان!

تمكنت «مارى كورى» (1867–1934) بمساعدة زوجها بيير (1859–1906) من اكتشاف أن البتشبلند الموجود فى خام اليورانيوم يتمتع بنشاط إشعاعى يفوق كثيرًا اليورانيوم النقى. فقد أدركا أنه لابد أن البتشبلند يحتوى على مواد إضافية ذات نشاط إشعاعى أعلى بكثير. وفى عام 1902 ـ وبعد أربع سنوات من الجهد المضنى ـ تمكن الزوجان من فصل كميات ضئيلة للغاية من عنصرين جديدين، هما البولونيوم والراديوم. ومثل جميع العلماء الرواد الآخرين الذين تعاملوا مع النشاط الإشعاعى، فقد كان الزوجان على معرفة ضئيلة بأخطار النشاط الإشعاعى، وهو ما أدى إلى وفاة مارى كورى بسرطان الدم. فالمستويات الإشعاعية العالية التى تعاملت معها تتضح على قارورتها الزجاجية ـ فقد أدى تعرضها للإشعاع إلى تحولها من اللون الشفاف إلى اللون الأزرق.

القارورة الزجاجية التى كانت «مارى كورى» تستخدمها

منظار اكتشاف الوهج

ابتكر ويليام كروكس (ص 48) منظار أشعة ألفا بهدف اكتشاف جسيمات أشعة ألفا. ويعمل هذا المنظار من خلال ارتطام جسيمات أشعة ألفا بشاشة مغطاة بكبريتيد الزنك، وهو الأمر الذى ينجم عنه وهج ضئيل يرى عبر عدسة المنظار.

خام اليورانيوم

البتشبلند هو صخر أسود مائل إلى اللون البنى يتألف فى الأساس من اليورانيوم المتحد كيميائيًا مع الأكسجين. ويكوّن بلورات تسمى اليورانينايت. وكان البتشبلند ينظر إليه فيما مضى على أنه عديم الفائدة، أما الآن فهو مصدر أساسى لكل من اليورانيوم والراديوم.



مقياس جيجر

أعطى «هانز جيجر» (1882–1945) عداد جيجر هذا – وهو أداة لقياس مستويات الإشعاع – إلى جيمس تشادويك (ص 52 – 53) فى عام 1932. ويعمل هذا النموذج الأولى كالتالى: يتم احتواء غاز ذى ضغط منخفض فى أسطوانة نحاسية مزودة بمقبض. ويتم تمرير فولت كهربائى بين هذا الغلاف الخارجى وسلك رفيع يمتد على طول مركز الغلاف. وعند دخول جسيمات أشعة ألفا أو بيتا إلى العداد عبر نافذة موجودة عند أحد طرفى العداد، فإنه يولد انفجارًا محدودًا للتيار الكهربائى بين الغلاف الخارجى والسلك، والذى يتم رصده على العداد.

الطاقة الإشعاعية للصخور

ثمة مستوى منخفض من النشاط الإشعاعى موجود فى كل شىء حولنا، حتى فى أجسامنا. وترتفع هذه المستويات فى المناطق التى توجد بها صخور الجرانيت، ومرجع هذا إلى احتواء الجرانيت على اليورانيوم، وينبعث من الجرانيت غاز الرادون الذى من الممكن أن يتراكم فى منازلنا ويشكل مصدر تهديد لصحتنا.

محلول ذو نشاط إشعاعى

تم تحضير هذا السائل – وهو نترات اليورانيل – فى عام 1905 بواسطة «فريدريك سودى» كجزء من بحثه فى عملية تحويل العناصر. ويحتوى هذا السائل على اليورانيوم والراديوم، وهو ذو نشاط إشعاعى مرتفع. ويمكن القول بأن لونه الأصفر الساطع يماثل لون مركبات اليورانيوم تمامًا.

فيزيائيان فى حالة عمل

توضح الصورة كلاً من إرنست رذرفورد (على اليسار) و«هانز جيجر» وهما جالسان فى معملهما فى جامعة «مانشستر» حوالى عام 1908 وبينهما جهاز اكتشاف جسيمات ألفا. وقد أدرك «جيجر» و«رذرفورد» أن جسيمات أشعة ألفا كانت عبارة عن ذرات من الهليوم دون إلكترونات.

جزء من الصورة الموجودة على الكفن

تأريخ كفن تورينو بالكربون المشع

أُشيع أن هذا الوجه الظاهر على كفن مدينة تورينو الشهير هو وجه المسيح. وقد كشف تحليل النشاط الإشعاعى لأحد أشكال الكربون المأخوذ من عينات صغيرة من الكفن المحفوظ الآن فى مدينة تورينو الإيطالية عن أن القماش يعود فى حقيقة الأمر إلى العصور الوسطى.

داخـــل الـــذرة

مثلت التجارب العلمية التى أجراها «ج.ج. طومسون» (1856–1940) فى عام 1897 أول المفاتيح فى حل لغز تركيب الذرة. فقد اكتشف هذا العالم وجود جسيمات أصغر من الذرة فى أشعة الكاثود. وقد رأى هذه الأشعة تمر بين أطراف عالية الڤولتية فى أنبوب زجاجى ممتلئ بغاز ذى ضغط منخفض. وتحمل هذه الدقائق ـ التى أطلق طومسون عليها اسم الجسيمات وعُرفت فيما بعد باسم الإلكترونات ـ شحنة كهربائية سالبة وكان وزنها أخف بحوالى 2000 مرة من ذرة الهيدروجين. وكانت هذه الجسيمات هى نفسها بصرف النظر عن الغاز الذى استخدم فى الأنبوب، وبصرف النظر عن المعدن الذى صنعت منه الأطراف. وقد رجح هذا الاكتشاف وجود الإلكترونات فى جميع أشكال المادة. على الجانب الآخر، يجب أن تحتوى الذرات أيضًا على شحنة كهربائية موجبة لتحقيق التوازن مع الإلكترونات ذات الشحنة السالبة. وقد قام إرنست رذرفورد (ص46–47) بسبر غور الذرات ذات الجسيمات المنتجة فى تجاربه عن النشاط الإشعاعى، واكتشف أن الشحنة الموجبة متركزة فى نواة بالغة الصغر. وفى نهاية المطاف، خلص رذرفورد إلى استنتاج أن الذرة تشبه نظامًا شمسيًّا بالغ الصغر، تمثلت فيه «الكواكب» فى الإلكترونات بينما تمثلت «الشمس» فى النواة.



الأشعة الغامضة

ابتكر ويليام كروكس (1832–1919) أنبوبًا زجاجيًّا يشتمل على حيز مفرغ. وقد استخدم هذا الأنبوب فى دراسة أشعة الكاثود (وهى الإلكترونات التى تنبعث بواسطة الكاثود ـ طرف سالب الشحنة ـ عند تسخينه). وقد وضع بعض العقبات الصغيرة فى مسار الأشعة، التى ألقت «بظلال»، موضحة أن اتجاه حركتها كان من الكاثود إلى الطرف الموجب (الأنود ـ القطب الموجب). وكان فى إمكان الأشعة الالتفاف قليلاً فى الأنبوب، وخلص كروكس إلى أن الأشعة تألفت من جسيمات مشحونة، وقد أصبح الأنبوب يعرف فيما بعد باسم أنبوب كروكس.

ينشأ عن الڤولتية العالية بين الصفائح المعدنية مجال كهربائى يؤدى إلى ثنى مسارات الجسيمات المشحونة

مقياس ورقى مدرج لقياس انحراف شعاع الإلكترونات

غاز منخفض الضغط

تحدث الجسيمات بقعة متوهجة على الزجاج

النواة موجبة الشحنة

جسيم ألفا لم ينحرف مساره

جسيم ألفا وقد انحرف بما يزيد على 90 درجة

مسار جسيم ألفا ويظهر هنا منحنيًا بشدة

هجوم الذرة

فى عام 1911، درس إرنست رذرفورد تأثيرات قذف أجزاء من رقاقة الذهب أو البلاتين بجسيمات ألفا ـ وهى الجسيمات موجبة الشحنة التى تنبعث من المواد ذات النشاط الإشعاعى (ص 46 ـ 47). وكانت معظم جسيمات ألفا تمر عبر الرقاقة، لكن تقريبًا واحدة من بين 8000 كانت تنحرف بزاوية تزيد على 90 درجةً. وفسر رذرفورد ذلك بأنه يعود إلى النواة ـ المركز الكثيف ذو الشحنة الموجبة داخل الذرة.



اكتشافات طومسون

كان طومسون ينوى أن يصبح مهندس سكك حديدية، لكنه بدلاً من هذا أصبح فيزيائيًا لامعًا. فقد درس أشعة الكاثود بنجاح عظيم؛ لأنه نجح فى تحقيق درجات منخفضة للغاية من ضغط الغاز فى أنبوب كروكس المعدل. وقد أحدث اكتشاف طومسون للإلكترون - وهو الوحدة الأساسية للتيار الكهربائى الموجودة فى جميع أشكال المادة - ثورةً فى نظريات الكهرباء والذرات. كما أكد أيضًا على وجود النظائر (ص52-53) - وهى العناصر التى لكل منها أنواع متعددة من الذرات المتماثلة كيميائيًا والمختلفة فى الوزن.

ذرة بودنج البرقوق

فى نظرية بودنج البرقوق هذه يقترح طومسون أن كل ذرة تتألف من عدد من الإلكترونات، وقدر من الشحنة الموجبة لتحقيق التوازن مع شحناتها السالبة. وقد اعتقد أن الشحنة الموجبة شكلت «غلافًا جويًا» تتحرك خلاله الإلكترونات مثل البرقوق فى بودنج البرقوق.

حساب وزن الإلكترون

هذا هو جهاز طومسون الأصلى لدراسة أشعة الكاثود. وقد احتوى على غاز ذى ضغط منخفض مرت خلاله أشعة الكاثود. وقد أدى المجال الكهربائى إلى ثنى مسارات الأشعة وقام طومسون بقياس مقدار هذا الانثناء. تم غلق المجال الكهربائى وتشغيل المجال المغناطيسى، وقيس مقدار الانثناء مرةً أخرى. قدر طومسون أنه إذا كان للجسيمات نفس شحنة أيون الهيدروجين (وهو ذرة غير مكتملة) الناتج فى التحليل الكهربائى (ص50-51) فيجب أن تكون أخف منه بحوالى 2,000 مرة.

اكتشافات رذرفورد

خلال تجاربه التى أجراها على النشاط الإشعاعى، اكتشف إرنست رذرفورد عملية تحويل عنصر إلى عنصر آخر (ص 46). كما درس فترة عمر النصف لأحد العناصر - وهى الوقت اللازم لتحلل نصف عينة من عنصر ذى نشاط إشعاعى أو لتحوله إلى عنصر آخر. وقد نشر رذرفورد اكتشافاته هذه فى عام 1904 فى كتابه الذى حمل اسم «النشاط الإشعاعى».

الذرة النووية

بعد تفسير رذرفورد لتشتت جسيمات ألفا، أصبح تركيب الذرة أكثر وضوحًا. فقد كان يعتقد أن الإلكترونات سالبة الشحنة تتحرك حول النواة الكثيفة موجبة الشحنة مثل الكواكب التى تدور حول الشمس. مع هذا، فقد كانت هناك بعض المشكلات فى نموذج «النظام الشمسى» هذا. فوفقًا لقوانين الفيزياء فى ذلك الوقت، فقد كان ينبغى أن تنهار هذه الذرة على الفور فى انفجار أشعة كهرومغناطيسية. ومن المعروف الآن أن الذرة لا تنهار لأنه لا يسمح للإلكترونات إلا بقدر محدد من الطاقات، انظر (ص50-51).

الإلكترونات والأغلفة والروابط

أصبحت بنية الذرة فى بدايات القرن العشرين أكثر وضوحًا، لكن قوانين الفيزياء فى ذلك الوقت لم تستطع تقديم تفسير لعدم سير الإلكترونات فى طريق لولبىٍّ سريع باتجاه النواة. وقد ساعد «نيلز بور» (1885–1962) ـ وهو تلميذ رذرفورد ـ فى حل هذا اللغز من خلال اقتراحه بأن الإلكترونات يسمح لها بطاقات معينة فقط. وقد وجد أن الإلكترونات ذات أقل معدل طاقة مسموح به تدور عند أقرب نقطة من النواة، بينما تدور الإلكترونات ذات أعلى معدل طاقة مسموح به عند أبعد نقطة عن النواة. وسرعان ما اكتشف أن ثمة حدًّا لعدد الإلكترونات الخاصة بكل طاقة. هذا، ونستطيع القول إن الإلكترونات الموجودة فى الذرة تتصرف وكأنها متراصة ـ حيث تحل الإلكترونات ذات الطاقات الأقل فى المقدمة ـ فى «أغلفة» حول النواة. والإلكترونات الموجودة فى الغلاف الأبعد عن الذرة هى التى تحدد الخواص الكيميائية لها. كما أن الذرات ذات الأغلفة الخارجية «الممتلئة» بالإلكترونات هى أقل تفاعلاً من تلك الذرات ذات الإلكترون الواحد فى غلافها الخارجى. وتتصل الإلكترونات الخارجية أو ترتبط بالذرات الأخرى لتكوين الجزيئات. وقد فسرت هذه الصورة الجديدة للذرة تفاعلات الذرات فى عمليات مثل التحليل الكهربائى.



تكلفة تمثال إيروس
فى عام 1884، كان تمثال إيروس هذا (إله الحب عند الإغريق) المصنوع من الألومنيوم باهظ الكلفة، لكن صار فى الإمكان الآن إنتاج الألومنيوم بتكلفة رخيصة من خلال التحليل الكهربائى.



قوانين تحرير العناصر
اكتشف «مايكل فاراداى» (1791–1867) قوانين التحليل الكهربائى فى عام 1833. فقد وجد أن فى الإمكان تحرير العناصر عن طريق قدر معين من الكهرباء أو من خلال ضعفين أو ثلاثة أضعاف هذا القدر. فالأمر يعتمد على عدد الإلكترونات الخارجية.

التحليل الكهربائى واكتشاف العناصر
تم اكتشاف الكثير من العناصر الجديدة فى القرن التاسع عشر، وذلك من خلال تمرير تيار كهربائى خلال المحاليل أو المواد المنصهرة. وقد تم تحضير هذه العينات من المعادن من خلال التحليل الكهربائى، حيث استمد التيار الكهربائى من البطارية. وبواسطة التحليل الكهربائى يمكن فصل المركبات إلى عناصر عن طريق تزويد الأغلفة الخارجية للذرات بالإلكترونات أو إزالتها منها.

تدفق الإلكترونات
من الممكن ربط الخلايا الكهربائية مثل «خلية ثانى الكرومات» هذه معًا لصناعة البطارية. وتتفاعل صفائح الكربون والزنك مع حمض الكروميك الموجود فى الجرة الزجاجية مما يؤدى إلى انتقال سيل من الإلكترونات من الزنك إلى الكربون.





تحليل الماء

استخدمت هذه الأداة بواسطة «مايكل فاراداى» (انظر الصورة على اليمين) لدراسة عملية تحليل الماء بواسطة الكهرباء. وفى أثناء هذه العملية انطلق غاز الهيدروجين من أحد القطبين الكهربائيين، بينما انطلق غاز الأكسجين من القطب الآخر. وتم قياس كمية هذين الغازين، وكذا كمية الكهرباء اللازمة لتحريرهما من الماء. وبهذه الطريقة توصل فاراداى إلى قوانين التحليل الكهربائى. ويُطلق على كمية الكهرباء المستخدمة فى التحليل الكهربائى اسم «ثابت فاراداى».

الضوء والمادة

شرح «نيلز بور» الصلة بين المادة والضوء فى عام 1913. فقد اقترح أنه عند انتقال الإلكترونات من مستوى طاقة إلى آخر، فإنها تطلق أو تمتص «حزمًا» من الإشعاع فى شكل ضوء. ويُطلق على هذه الحزم اسم الفوتون أو الكمات. وكلما قصر الطول الموجى للإشعاع، زادت طاقة الفوتون.

ذرة «بور»

وفقًا لنظرية «بور» عن الذرة، فإن الإلكترونات البعيدة عن النواة تتمتع بقدر أكبر من الطاقة، ويمكن للإلكترون القفز إلى مستوى أعلى من خلال امتصاص الطاقة. ويمكن لهذا الأمر أن يحدث فى درجات الحرارة المرتفعة أو عند اصطدام الفوتونات ذات القدر الكافى من الطاقة بالذرة. وإن كانت هناك فجوة فى المستوى الأدنى، فمن الممكن أن يسقط الإلكترون إلى ذلك المستوى مطلقًا الطاقة فى شكل إشعاع.

الروابط الأيونية

تلتحم أيونات الصوديوم والكلوريد ببعضها بواسطة الشحنات الكهربائية المتضادة، حيث «تميل» ذرة الصوديوم إلى فقد إلكترونها الخارجى نظرًا لعدم استقرار الذرة، وبالتالى تصبح الذرة غير المكتملة (الأيون) موجبة الشحنة. على الجانب الآخر، «تميل» ذرة الكلور إلى اكتساب إلكترون لملء غلافها الخارجى ومن ثم اكتساب شحنة سالبة إضافية.

كلوريد الصوديوم (ملح الطعام)

قناع لتجنب التسمم بغاز الكلور

الروابط التساهمية

من الممكن أن تتشارك الذرات فى الإلكترونات الموجودة فى أغلفتها الخارجية لتكوين أغلفة ممتلئة وبالتالى تشكيل رابطة «تساهمية». وفى إمكان ذرات الكلور ـ ذات الإلكترونات السبعة فى الغلاف الخارجى ـ أن تجتمع فى شكل أزواج، حيث يشترك كل زوج فى إلكترونين. فتحمل كل ذرة فعليًا ثمانية إلكترونات فى الغلاف الخارجى. ومثل الكثير من الغازات الأخرى؛ فإن الكلور يوجد فى العادة فى شكل جزىء مكون من ذرتين. ومن السهل كسر هذه الرابطة مما يجعل الكلور تفاعليًا وخطيرًا.

يمكن لذرات الكلور التجمع فى شكل أزواج، ويشترك كل زوج فى إلكترونين

سُحب الغموض

حلت «سحب» الإلكترونات الغائمة (انظر الصورة على اليسار) محل مدارات إلكترونات «بور» المحددة بدقة، وهى السحب التى يمكن رؤيتها من خلال الميكروسكوب الإلكترونى. وقد صار من المعروف الآن أن الإلكترونات تبدو كأمواج، إضافةً إلى كونها مثل الجسيمات. ومن المرجح أن يوجد الإلكترون حيث تكون «سحابة» الإلكترونات كثيفةً. لكن ثمة فرصة محددة دائمًا ـ وإن كانت ضئيلة ـ للعثور عليه على مقربة أو على مبعدة من النواة.

الروابط الفلزية

تتشارك ذرات الفلزات فى إلكتروناتها الخارجية؛ فهى تساهم فى تكوين «بركة» من الإلكترونات المشتركة التى تتجول بحرية من ذرة إلى أخرى. إن سهولة حركة الإلكترونات هى السبب وراء كون الفلزات موصلات جيدة لكل من الحرارة والكهرباء.

بنيــة النــواة

مع بدايات القرن العشرين أصبح معروفًا للجميع أن الذرة تحتوى على نواة موجبة الشحنة. وقد أشار إرنست رذرفورد (ص 46–47) إلى أن النواة تحتوى على جسيمات موجبة الشحنة تسمى «البروتونات» (وهى كلمة يونانية تعنى الأشياء الأولى). وقد كشف العالم عن وجودها فى عام 1919 من خلال استخراجها من أنوية النتروجين باستخدام جسيمات أشعة ألفا. وعلى الجانب الآخر، اكتشف جيمس شادويك (1891–1974) جسيمًا آخر فى النواة فى عام 1932 ـ ألا وهو النيوترون، وهو عبارة عن جسيم غير ذى شحنة له نفس كتلة البروتون. وتشتمل جميع الأنوية على البروتونات والنيوترونات. وعدد البروتونات هو الذى يحدد عدد الإلكترونات التى تدور حول النواة، ومن ثم الخواص الكيميائية للذرة (ص50–51). ولجميع العناصر نظائر مختلفة ـ وهى عبارة عن ذرات لها نفس العدد من البروتونات ولكنها ذات أعداد مختلفة من النيوترونات.



مكتشف الجسيم الجديد

اكتشف «جيمس تشادويك»، وهو أحد تلامذة «رذرفورد»، النيوترونات من خلال تعريض معدن البيريليوم لجسيمات أشعة ألفا. وقد لاحظ انبعاث نوع جديد من الجسيمات من نواة هذا المعدن، ألا وهو النيوترون. ثم درس بعد ذلك الديوتريوم (المعروف أيضًا بالهيدروجين الثقيل). وقد اكتشف نظير الهيدروجين هذا فى عام 1932 وهو يستخدم فى المفاعلات النووية.

يؤدى المجال المغناطيسى المتولد داخل المغناطيس الكهربائى إلى انحراف الجسيمات

تصطدم الأيونات المنفصلة وفقًا للكتلة والشحنة بالفيلم مما يؤدى إلى ظهور صورتها عليه

الغاز منخفض الضغط

تمر حزمة الجسيمات على امتداد هذا الأنبوب

يتم إنتاج أيونات من نوع خاص هنا

الأنود (القطب الموجب)

فصـل النظائـر

كانت هذه أول مرسمة طيف كتلية صممها «ف. و. أستون» (1877–1945) وكان فى إمكانها فصل النظائر ـ وهى الذرات المتماثلة كيميائيًّا والمختلفة فى الكتلة. وقد احتوى الجزء الكروى الشكل على مركب من المادة المراد اختبارها، سواء باعتباره جزءًا من الأنود (القطب الموجب) أو غازًا منخفض الضغط. وقد عمل التيار الكهربائى على طرد إلكترونات ذرات المادة تاركًا الأيونات موجبة الشحنة التى مرت عبر شق التجميع الطولى. وقد انحنت حزمة الجسيمات المشحونة بفعل المجال الكهربائى ثم بفعل المجال المغناطيسى. وقد انتشرت هذه الجسيمات فوق نطاقات منفصلة على فيلم فوتوغرافى وفقًا لشحنة وكتلة الأيونات.

الإلكترونات والبروتونات والنيوترونات

كان «رذرفورد» يعتقد أن النواة تتألف من بروتونات وعدد أقل من الإلكترونات. وقد اعتقد أن كل إلكترون كان مقترنًا بشدة ببروتون لتكوين «زوج متماثل» متعادل (غير ذى شحنة كهربائية). وفى عام 1932، أنتج «جيمس تشادويك» نوعًا من الأشعة لم ينثن فى المجال الكهربائى، لكنه كان أشد اختراقًا من أشعة جاما. وكانت هذه الأشعة تتكون من جسيمات غير ذات شحنة - عرفت باسم «النيوترونات» - كانت فى كتلة ذرات الهيدروجين. وأدرك «تشادويك» أن هذه النيوترونات قد تكون جسيمات فى حد ذاتها، وليست اندماجًا ما بين بروتون وإلكترون. ويمكن القول إن هذه الرؤية تحظى اليوم بالقبول. مع هذا، فإن فرص النيوترون الحر «للانحلال» إلى بروتون وإلكترون خلال 15 دقيقة تصل إلى 50 بالمائة. وفى حالة اصطدام البروتون والإلكترون فإنهما سينتجان نيوترونًا.



أداة الكشف عن النيوترون

بداخل هذا الجهاز المثير للاهتمام، والذى ابتكره «تشادويك»، تصطدم جسيمات أشعة ألفا المستمدة من مصدر مشع بهدف مصنوع من معدن البيريليوم. وفى الإمكان اكتشاف النيوترونات المنطلقة فقط عند اصطدامها ببروتونات قطعة من شمع البارافين. وقد تم رصد هذه البروتونات بواسطة عداد «جيجر» (ص46-47).

أدوات عالم

كانت علبة السجائر الكرتونية هذه «صندوق أدوات» «تشادويك». فقد استخدم أجزاءً من شمع البارافين فى مراقبة النيوترونات. كما استخدم رقاقات الفضة والألومنيوم بدرجات سمك مختلفة كحواجز لتحديد قوة اختراق الأشعة.

الكربون - 12

تتحدد الخواص الكيميائية للكربون من خلال إلكتروناته الستة سالبة الشحنة. وتحقق هذه الإلكترونات الستة التوازن مع بروتونات النواة الستة موجبة الشحنة. ونجد فى ذرة الكربون - 12، أن النواة تشتمل أيضًا على ستة نيوترونات - لها نفس كتلة البروتونات تقريبًا - وهو ما يمنح الذرة العدد الكتلى 12.

الكربون - 14

إن نظير الكربون - 14 يماثل من الناحية الكيميائية الكربون العادى. فهو يحتوى على ستة بروتونات وستة إلكترونات، لكن الكربون - 14 يشتمل على نيوترونين إضافيين مما يمنحه العدد الكتلى 14. جدير بالذكر أن هذا النظير ذو نشاط إشعاعى، ويتحلل 50 بالمائة منه كل 5,730 عامًا. ويمكن القول إن المستويات البيئية منه مستقرة تقريبًا؛ وذلك لأن ذرات الكربون - 14 الجديدة تتكون باستمرار بفعل الأشعة الكونية التى تصطدم بذرات الكربون العادى.

انشطار الذرة

بعد اكتشاف النواة فى عام 1911، وجد أن قذف ذرات معينة بجسيمات من مواد ذات نشاط إشعاعى قد يؤدى إلى انحلال أنويتها، ومن ثم انطلاق الطاقة. ومن الممكن شطر أثقل النَّوَيَات ـ وهى نَوَيَات

نيوترونات ناتجة عن الانشطار

تتمثل النواتج التقليدية الناجمة عن الانشطار فى الباريوم والكريتون

اليورانيوم غير المستقر



الأب الروحى للقنبلة النووية

فى عام 1905 ـ وبالتحديد قبل أربعين عامًا من حدوث أول انفجار نووى ـ أوضح «ألبرت أينشتاين» (1879–1955) من خلال نظريته عن النسبية الخاصة أن الطاقة والكتلة متكافئتان ومن الممكن تحويل إحداهما إلى الأخرى. وفى عام 1939، حذر الرئيس الأمريكى الأسبق «روزفلت» من إمكانية استخدام التفاعل المتسلسل لليورانيوم فى إنتاج قنبلة جديدة فتاكة.

قضبان المفاعل النووى

تستخدم قضبان الوقود هذه فى مفاعلات الماجنوكس النووية. وتتكون هذه القضبان من أعواد طويلة من اليورانيوم الطبيعى مكسوة بالماجنوكس ـ وهو عبارة عن سبيكة من الماغنيسيوم. وينطلق غاز ثانى أكسيد الكربون فى المفاعل النووى حول القضبان حاملاً الحرارة المتولدة بعيدًا.

الانفجـار الـذرى

تندفع أجزاء من اليورانيوم أو البلوتونيوم فى أثناء الانفجار الذرى معًا بفعل المواد المتفجرة لتكون التفاعل المتسلسل. ويختفى تمامًا قدر ضئيل للغاية من المادة فى الانفجار.

وقـود أكثر فاعليـة

يحتوى قضيب الوقود هذا على رصاصات من مركب اليورانيوم ـ ثانى أكسيد اليورانيوم المحتوى على نسبة عالية من اليورانيوم ـ 235. ويتم استخدام هذه القضبان فى مفاعل الماجنوكس والمفاعل البريطانى المتقدم الذى يعمل بتقنية تبريد الغاز (AGR).

صانـع القنبلـة الذريـة

انضم «روبرت أوبنهايمر» (1904–1967) إلى المشروع الأمريكى لتصنيع القنبلة الذرية فى عام 1942، وكان مدير المعمل الذى صنع القنابل النووية الأولى. وقد انتهت أبحاثه الذرية عندما سحب التصريح الأمنى منه فى عام 1954.

ضـوء فـى مـركـز المفاعـل

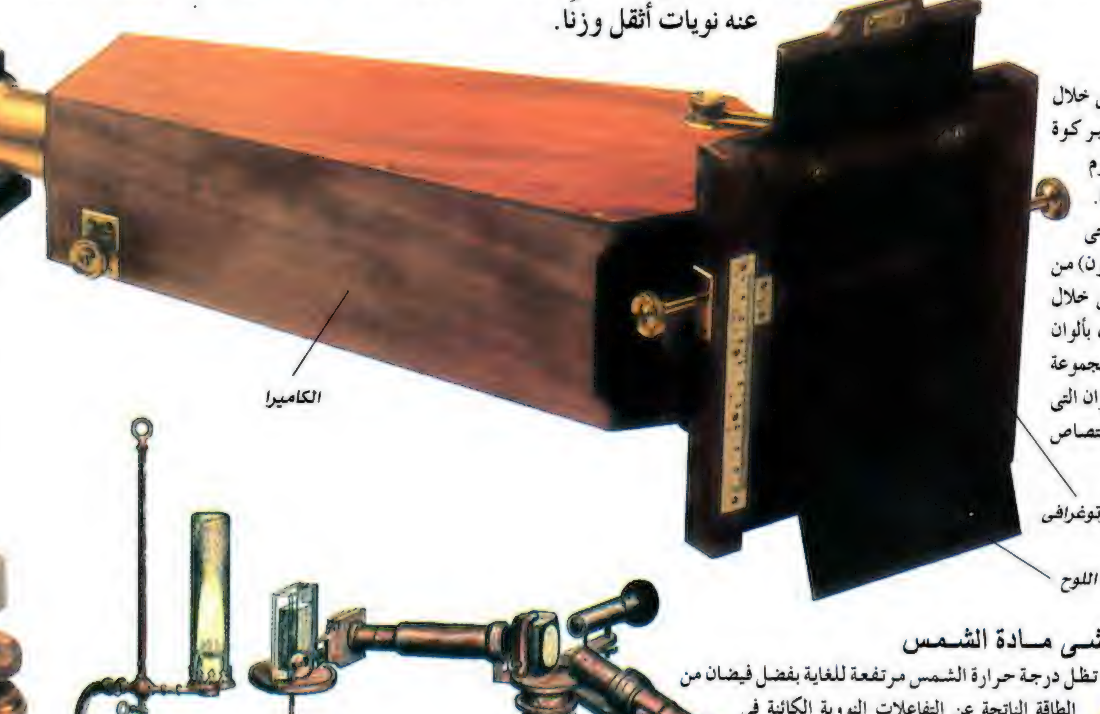
يطلق على الوهج الأزرق الغريب الذى يندلع فى قلب المفاعل النووى اسم أشعة «شيرينكوف». ويحدث هذا الوهج بفعل الإلكترونات الناجمة عن الوقود ذى النشاط الإشعاعى الذى ينطلق خلال الماء، مطلقًا الضوء. وفى الإمكان التحكم فى التفاعل المتسلسل الذى يحدث فى المفاعل النووى من خلال قضبان تحتوى على مادة ماصة للنيوترونات مثل الكادميوم. ويتم نقل الحرارة الشديدة فى مركز المفاعل بعيدًا باستخدام الغاز أو المعدن السائل أو الماء عالى الضغط.

المــادة الساخنــة

تقف الذرات دون غطاء أو حماية أمام ما تتعرض له من درجات حرارة مرتفعة. ويكشف منظار التحليل الطيفى أسرار الذرات من خلال تحليل الضوء المنبعث منها. حيث يسقط الضوء فى منظار التحليل الطيفى على محززة الحيود (أداة تستخدم للحصول على الأطياف استنادًا إلى ظاهرة الحيود وهى عبارة عن سطح مستو يشتمل على آلاف الخطوط) أو المنشور. ويمر الضوء عبر سطح هذه الأداة أو ينعكس ويتحلل إلى ألوان مختلفة. ويتألف ضوء الشمس من ألوان الطيف جميعها وأكثر. وتنتج الغازات الموجودة على سطح الشمس ضوء الشمس عند درجات حرارة تصل إلى ما يقارب 5500 درجة مئوية (حوالى 10000 فهرنهايت). وهنا تُدفع الإلكترونات الخارجية للذرة إلى مدارات أعلى وتشع الضوء فى أثناء سقوطها مرتدةً إلى موضعها الأصلى (ص50–51). وهذا هو الحال أيضًا داخل الشمس والنجوم ذات درجات الحرارة العالية؛ إذ تُدفع الإلكترونات الداخلية إلى مدارات أعلى. وفى أثناء سقوطها إلى مواضعها الأصلية، يصدر عنها أشعة فوق بنفسجية وأشعة سينية. أما فى مراكز الشمس وغيرها من النجوم الأخرى ـ حيث تصل درجات الحرارة إلى ما يقارب 15 مليون درجة مئوية (حوالى 27 مليون درجة فهرنهايت) ـ تصبح نويات الذرات عاريةً وملتحمةً ببعضها، وهو الأمر الذى ينتج عنه نويات أثقل وزنًا.

داخل كرة الغاز المتعادل (المؤين)

إن تمرير تيار كهربائى شديد الفولتية فى مركز هذه الكرة الزجاجية ينتزع الإلكترونات من ذرات الغازات منخفضة الضغط الموجودة بداخلها. ونتيجة لهذا، تتراكم سيول من الإلكترونات فوق بعضها مكونة خطوطًا براقةً على شكل (خربشات) من الغاز الساخن. ويُطلق على هذا المزيج من الإلكترونات والذرات المشحونة الموجودة فى هذه الخطوط اسم الغاز المتعادل أو المؤين.



التوقيــع الضوئــى

يقوم مقياس الطيف «بقراءة توقيع» المواد من خلال تحليل ضوئها. حيث يمر الضوء أولاً عبر كوة مستطيلة ضيقة داخل تلسكوب صغير يقوم بتركيز الضوء فى حزمة ضوئية ضيقة ومتوازية. وتمر هذه الحزمة الضوئية عبر منشور زجاجى وتنتشر، حيث يذهب كل طول موجى (لون) من الضوء فى اتجاه مختلف بعض الشىء. ومن خلال النظر فى التلسكوب يمكن للمرء رؤية طيف بألوان قوس قزح. وقد يبدو هذا الطيف فى شكل مجموعة من الخطوط البراقة أو شريط مستمر من الألوان التى تقطعها بعض الخطوط الداكنة حيث يتم امتصاص الأطوال الموجية.

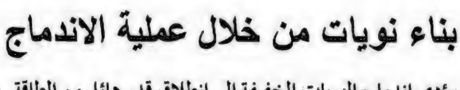


تلاشـى مــادة الشـمـس

تظل درجة حرارة الشمس مرتفعة للغاية بفضل فيضان من الطاقة الناتجة عن التفاعلات النووية الكائنة فى قلبها. وتجدر الإشارة إلى أن هناك أربعة ملايين طن من مادة الشمس تزول كل ثانية متحولةً إلى طاقة تنبعث من سطحها فى هيئة إشعاعات!!

كشف هوية المواد من خلال التحليل الطيفى

فى تجربة مناظير التحليل الطيفى هذه التى تعود إلى القرن التاسع عشر يمر ضوء مصدره لهب الغاز عبر سائل يحتوى على مواد ذائبة. ويكشف الطيف الناتج هوية المواد الذائبة فى السائل.



بناء نويات من خلال عملية الاندماج

يؤدى اندماج النويات الخفيفة إلى انطلاق قدر هائل من الطاقة. ويتميز الهيدروجين باحتوائه على أخف نواة، فهى تحتوى على بروتون واحد فقط. وفى الإمكان دمج نويات الهيدروجين من أجل تكوين نواة واحدة من الهليوم (حيث يتحول بروتونان إلى نيوترونين مما يؤدى إلى تكون نواة هليوم تشتمل على بروتونين ونيوترونين). وفى الوقت نفسه تنطلق الطاقة. وتحدث عملية الاندماج هذه فى الشمس والنجوم عبر سلسلة من المراحل، فى ظل تكون نويات لفترات وجيزة ثم تحولها إلى نويات أخرى. أما على الأرض فإن نظائر الهيدروجين مثل الديوتريوم والترتيوم تستخدم فى عملية الاندماج. ويمكن القول إن مخزون الديوتريوم ـ المعروف أيضًا بالهيدروجين الثقيل ـ لا حد له لأنه يوجد فى المحيطات.

تسخير الاندمـاج النـووى

عند درجات حرارة تصل إلى ملايين الدرجات المئوية يتم نزع الإلكترونات تمامًا من الذرات. وفى هذه الحالة يمكن للنويات الخفيفة مثل الهيدروجين الاصطدام على الرغم من التنافر المتبادل لشحناتها الكهربائية الموجبة. إن اندماج نويات الهيدروجين لتكوين نويات الهليوم يشكل مصدر طاقة الشمس ـ التى ما هى إلا قنبلة هيدروجينية ـ ومفاعلات اندماج النويات الذرية المتوقع ظهورها فى المستقبل.



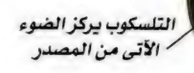
1 أساليب تكون النويات

ثمة العديد من الأساليب التى يمكن عن طريقها لنويات الهليوم أن تتكون من نويات الهيدروجين. وتتضمن إحدى العمليات نظيرين من الهيـدروجين ـ وهمـا الديوتريوم والترتيوم. وتشتمل نواة الديوتريوم على بروتون واحد ونيوترون واحد. أما الترتيوم، فهو يشتمل على بروتون واحد واثنين من النيوترونات. وعند تسخين غاز مؤلف من هذين النظيرين لملايين الدرجات، يتشكل الغاز المؤين وتصطدم النويات ببعضها بين الحين والآخر.



2 تكون غاز الهليوم ـ 5

تصطدم نواتا الديوتريوم والترتيوم وتكونان نواة غاز الهليوم ـ 5 لفترة وجيزة. وفى الوقت ذاته، تتكون نويات أخرى قصيرة العمر.



3 الحفاظ على سخونة الغاز المؤين

تطلق نواة (الهليوم ـ 5) نيوترونًا واحدًا وتبعث الأشعة. وتبقى نواة (الهليوم ـ 4) المستقر. ويتم امتصاص طاقة النيوترون والأشعة بفعل الغاز المؤين، أو بواسطة المادة المحيطة، وتتحول إلى حرارة. ويجب فى كل الأحوال عدم تبريد الغاز المؤين من خلال اتصاله بالمادة الأخرى، بل يجب حبسه داخل المجالات المغناطيسية. ولكى تتم الأمور بفاعلية، فإن عملية الحبس هذه يجب أن تستمر لمدة كافية حتى يطلق التفاعل مزيدًا من الطاقة تفوق قدر الطاقة اللازم إدخاله لانطلاقه.

رجـل النجـــوم



فى عام 1939، كان «هانز بيته» (1906-) أول عالم يقدم تفسيرًا لكيفية تزود الشمس والنجوم بالطاقة بشكل أساسى من خلال اندماج الهيدروجين مكونًا الهليوم. كما كان عضوًا فى فريق العمل الذى تولى تنفيذ مشروع تصنيع القنبلة الذرية.



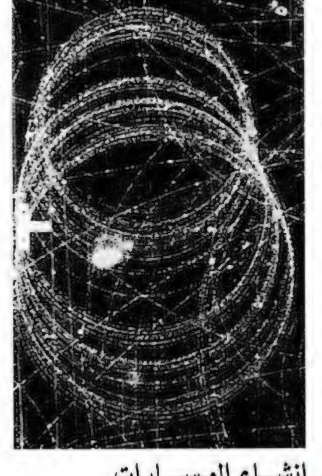
الحلقـة الدائريـة



ينتشر الغاز المؤين فى مفاعل الاندماج الذرى فى حلقة على شكل كعكة مجوفة ـ أو على شكل حلقة دائرية ـ ويتم الإبقاء عليه عند درجة ضغط منخفضة للغاية. وتوضح الصورة التصميم الداخلى لمفاعل الاندماج الذرى البحثى المعروف اختصارًا باسم JET، والذى تشرف على تشغيله 14 دولة أوروبية فى إطار مشروع مشترك بينها. يلتف التيار الكهربائى الموجود فى الأسلاك الملفوفة حول الحلقة الدائرية محدثًا مجالاً مغناطيسيًا قويًا يحاصر الغاز المؤين ويمنع تسربه. كما أن انفجارات الطاقة الناجمة عن المجال تسخن الغاز المؤين. أما فى داخل الحلقة الدائرية، فقد ترتفع درجات الحرارة لتصل لحوالى 300 مليون درجة مئوية (550 مليون درجة فهرنهايت تقريبًا).

الجسيمات دون الذرية

بدا فى أوائل الثلاثينيات من القرن الماضى أن الذرة تتألف من ثلاثة أنواع من الجسيمات: البروتون والنيوترون والإلكترون. لكن سرعان ما اكتشف المزيد من الجسيمات. فقد شك البعض فى وجود النيوترين «جسيم عديم اللون يعمل على نقل الطاقة عند انحلال النيوترون» (ص 53). ثم تم اكتشاف الميون «وهو أشبه ما يكون بإلكترون ثقيل» والبيون «الذى يربط البروتونات والنيوترونات معًا فى النواة» فى الأشعة الكونية. وتم بناء المُعَجِّلات التى تزيد سرعة تصادم الجسيمات بالنويات، مما يؤدى إلى تكوين جسيمات جديدة. وثمة مئات الجسيمات التى أصبحت معروفةً اليوم. وتنقسم هذه الجسيمات إلى فئتين رئيسيتين، هما الهادرونات واللبتونات. وتضم فئة الهادرونات البروتونات والنيوترونات وهى تتألف من أزواج أو مجموعات ثلاثية من الكواركات التى لا ترى منفردةً أبدًا. أما الفئة الأخرى وهى اللبتونات، فهى تضم الإلكترونات والنيوترينات.



إنشاء المسارات

توضح آثار قطرات الماء الصغيرة فى الغرفة الغيمية مسارات الإلكترونات والبوزيترونات (وهو جسيم مماثل للإلكترون لكنه يحمل شحنة موجبة). ونظرًا لشحناتهما الكهربائية المتعارضة، فإنهما ينحنيان فى اتجاهات مختلفة فى المجال المغناطيسى للغرفة الغيمية. ويدور الإلكترون الذى أُطلق بالقرب من الجزء السفلى من الصورة بمعدل 36 مرةً قبل أن يفقد طاقته.



تحتوى الغرفة على بخار الماء

يتحرك المكبس الموجود فى أسفل الغرفة الغيمية لتكوين بخار الماء الذى يتكثف على مسارات الجسيمات فى أثناء مرورها

لخفض المكبس يتم تفريغ القارورة من الهواء؛ إذ يتم فتح الوصلة الواقعة بين القارورة والفراغ أسفل المكبس، ويخفض المكبس فجأةً إلى الأسفل

الألواح السلبية الزجاجية لصور الغرفة الغيمية

اكتشافات مذهلة

كانت الغرفة الغيمية ـ التى ابتكرها تشارلز ويلسون (1869–1959) فى عام 1911 ـ أول أداة تستخدم فى الكشف عن الجسيمات دون الذرية المنطلقة فى الهواء. وتمثلت طريقة عمل هذه الغرفة فى تمرير جسيمات مستمدة من مصدر ذى نشاط إشعاعى عبر غرفة زجاجية وتحتوى على هواء وبخار ماء. وتصطدم الجسيمات داخل الغرفة الزجاجية بإلكترونات الذرات الموجودة فى الهواء طاردة إياها ومخلفةً أيونات (ذرات غير مكتملة) موجبة الشحنة. ثم يتم خفض الضغط داخل الغرفة فجأةً ويتكثف بخار الماء على الأيونات مكونًا خطوطًا من القطرات الصغيرة.

صور الجسيمات

توضح الألواح الفوتوغرافية لمسارات الغرفة الغيمية فى الغالب الجسيمات التى يتم تكوينها وتدميرها. ومن خلال قياس هذه الآثار يمكننا الكشف عن الشحنة الكهربائية للجسيمات وكذلك كتلتها وسرعتها.



دوامة الجسيمات

يقوم السيكلوترون ـ الذى ابتكره «إرنست لورنس» (1901–1958) فى عام 1930 ـ بزيادة سرعة الجسيمات ودفعها بقوة داخل نويات الذرات لتكوين جسيمات جديدة. وقد احتوى الصهريج المفرغ لجهاز السكلوترون والموضح فى الصورة على صندوق معدنى على شكل قُبة. وتدخل الجسيمات المشحونة إلى الصندوق الموجود فى منتصف الجهاز، ويحركها المجال المغناطيسى فى دائرة صغيرة حيث يكون نصفها داخل الصندوق والنصف الآخر خارجه. ويتم تعريض الصندوق لمستويات متغيرة من التيار الكهربائى بشكل سريع مما يدفع الجسيم عندما يترك الصندوق المعدنى أو يعاود دخوله. ويدور الجسيم إلى الخارج منتقلاً بسرعة أكبر وأكبر إلى أن يغادر السيكلوترون.

نكات عن الفيزياء

فاز «ريتشارد فينمان» (1918–1988) بجائزة نوبل مناصفةً مع عالم آخر فى عام 1965 وذلك لجهوده فى مجال الكشف عن القوى بين الجسيمات والأشعة الكهرومغناطيسية. وكان ينظر إليه على اعتبار أنه معلم ألمعى كما اشتهر بمداعباته ومزاحه.

مخطط فينمان

تمثل هذه الخربشات الغريبة مخطط «فينمان». ويوضح هذا المخطط أن القوة الكهرومغناطيسية بين الإلكترونات تنشأ عندما تتبادل الإلكترونات فوتونًا (الذى يعد «ناقل» القوة الكهرومغناطيسية ـ انظر ص60–61).

رغوة الجسيمات

احتوت الغرفة الفقاعية هذه ـ والتى تم ابتكارها فى عام 1956 ـ على الهيدروجين السائل عند درجة حرارة منخفضة وضغط مرتفع. وقد تم تحرير الضغط فجأةً ومرت الجسيمات عبر الغرفة. وغلى السائل على أثر الذرات المشحونة التى خلفتها الجسيمات. وقد تم تصوير الخطوط تلك وأعيدت تعبئة الغرفة بالضغط سريعًا مرةً أخرى.

إعادة تكوين الحدث

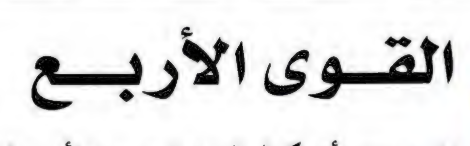
يتم استخدام أجهزة الحاسب الآلى الآن فى إعادة تكوين الأحداث دون الذرية. وتوضح الصورة محاكاة حاسوبية لانحلال جسيم Z – وهو أحد ناقلات القوة النووية الضعيفة (ص 60 ـ 61).

الدائرة السحرية

يشتمل المعاجل Tevatron الكائن فى ولاية إلينوى بالولايات المتحدة على جهازين لزيادة السرعة واحد فوق الآخر. ويقوم الجهاز العلوى بتغذية الجهاز الثانى السفلى الأكثر قوة بالجسيمات.

انحلال جسيم

فى هذه الصورة للغرفة الفقاعية والمعروضة بلون لا يمثل لونها الفعلى، يصطدم البروتون ذو السرعة العالية (والموضح باللون الأصفر الموجود بالأسفل) ببروتون موجود فى ذرة الهيدروجين ويختفى وهو ما ينتج عنه تكون وابل من الجسيمات. ولا يترك الجسيم الذى لا يحمل أى شحنات ـ ويُسمى «لامبدا» ـ أى أثر، لكنه يكشف عن نفسه من خلال «الانحلال» إلى بروتون وبيون (يظهران فى منتصف الصورة باللون الأصفر والأرجوانى).



القــوى الأربــع

إن جميع أشكال المادة عرضة لأربع قوى: الجاذبية والطاقة الكهرومغناطيسية والطاقتان النوويتان الضعيفة والقوية. تُبقى الجاذبية الناس على سطح كوكب الأرض، وتُبقى الكواكب الأخرى فى مداراتها حول الشمس. بينما تَبقى الإلكترونات فى الذرات بفعل الطاقة الكهرومغناطيسية ـ وهى قوة أكبر بكثير من قوة الجاذبية. أما الطاقة النووية الضعيفة ـ وهى أضعف بمئات آلاف ملايين المرات من الطاقة الكهرومغناطيسية ـ فهى تدخل ضمن النشاط الإشعاعى والاندماج النووى (ص56–57)، تؤثر الطاقة النووية القوية ـ وهى تفوق فى قوتها الطاقة الكهرومغناطيسية بمئات المرات ـ على الجسيمات التى تدعى الكواركات. وتتألف البروتونات والنيوترونات وغيرها من الجسيمات الأخرى من أزواج أو مجموعات ثلاثية من جسيمات الكواركات. الطاقة الكهرومغناطيسية تحملها جسيمات تسمى الفوتونات، بينما القوة النووية الضعيفة تحملها جسيمات W وZ، وتحمل القوى النووية القوية جسيمات يطلق عليها اسم جلون. كما يحتمل أن تكون ثمة جسيمات هى التى تحمل الجاذبية، وقد أطلق على هذه الجسيمات اسم جرافيتون. يوجد اتحاد بين الطاقة الكهربائية والطاقة الكهرومغناطيسية؛ وذلك لأن الطاقة الكهربائية فى حركتها تنتج مجالات مغناطيسية، والمجالات المغناطيسية المتغيرة تنتج فولتات كهربائية. وتتحد الطاقة الكهرومغناطيسية بدورها بالقوة النووية الضعيفة وذلك لأنهما يندمجان عند الطاقات ودرجات الحرارة فائقة الارتفاع مكونين قوة كهربائية ضعيفة واحدة. ويأتى الدليل على صحة هذه الأقوال من الأفكار التى تدور حول اللحظات الأولى للانفجار العظيم (ص 62–63) ومن التجارب التى تم إجراؤها فى معجلات الجسيمات. ويعمل علماء الفيزياء فى الوقت الحالى على تطوير نظرية تشكل فيها القوى الأربع جميعها جوانب لقوة فائقة.

قــوة ليســت بضعيفــة للغايــة

تستمد الشمس طاقتها من القوة النووية الضعيفة المسئولة عن تحويل الهيدروجين إلى هليوم فى مركز الشمس (ص57). وفى ظل الظروف الأقل حدةً على الأرض؛ فإن القوة النووية الضعيفة توجد فى النشاط الإشعاعى. ولا يمتد تأثير هذه القوة إلى ما هو أبعد من النويات الذرية، ولم يكن فى الإمكان اكتشافها إلى أن أتقن العلماء السبل الكفيلة بسبر أغوار الذرة. وقد اكتشفت الجسيمات المسئولة عن نقل القوة الضعيفة ـ وهى الجسيمات W^+ وW^- وZ^0 – فى عام 1983 بين حطام تكون عند اصطدام جسيمات دون ذرية فى معجل عملاق.



المبيان ـ أداة ميكانيكية تبين حركات ومواقع الكواكب فى النظام الشمسى

قــوة الجــذب

إن الجاذبية هى القوة المتحكمة فى النظام الشمسى برمته ـ فهى تمسك بالكواكب والكويكبات والمذنبات والأجسام الأصغر حجمًا فى مداراتها حول الشمس. وتمسك الجاذبية كذلك ـ بقوة ـ بأبعد الكواكب المعروفة ـ ونعنى هنا كوكب بلوتو ـ على الرغم من أنه يبعد أكثر من 7,000,000,000 كيلو متر (حوالى 4,000,000,000 ميل) عن الشمس. لكن قوة الجاذبية تتعدى هذا الحد بكثير، فجاذبية مجموعات المجرات التى تبعد ملايين السنين الضوئية هى التى تبقى عليها مجتمعةً بالقرب من بعضها. وبالرغم من هذا فهى أضعف القوى الأربع. وهى تسيطر على الكون نظرًا لأنها بعيدة المدى، بينما لا تمتد هيمنة القوة النووية الأشد تأثيرًا للغاية إلى ما هو أكثر من نويات الذرات. وتمتاز الجاذبية بطبيعتها التراكمية؛ فهى تجذب دائمًا ولا تطرد (تنفر) مطلقًا، لهذا فعند تراكم المادة فى شكل أجسام فى حجم الكوكب أو النجم، تنشأ قوة جاذبة هائلة. كذلك، فإن القوى الكهرومغناطيسية بعيدة المدى هى الأخرى، لكنها على عكس الجاذبية يمكنها الجذب والتنافر، وإن كانت تلغى قوتها هذه بشكل عام.

تفاعلات يومية

من السهولة فهم الكثير من القوى، مثل الأسلوب الذى من خلاله تتماسك المواد مع بعضها وقوة الاحتكاك بين الأشياء. هذان مثالان على القوة الكهرومغناطيسية، والجاذبية هى القوة الأخرى ذات الوضوح الطاغى فى حياة البشر. وتتضح القوة الكهرومغناطيسية وقوة الجاذبية فى التسلسل التالى.

1 القيام بإحداث الأمور

تسقط الكرة على الأرض لأن جاذبية الأرض جذبتها إليها، لكن الكرة تجذب الأرض بنفس القوة بالضبط. مع هذا، فإنه نظرًا لكتلة الأرض الهائلة التى تفوق كتلة الكرة، فإنها لا تتحرك بشكل واضح بينما تتحرك الكرة بسرعة أكبر كثيرًا. ويوصف هذا الأمر بأنه يدخل ضمن نطاق اكتساب طاقة الحركة أى الطاقة الحركية. ويمكن تعريف الطاقة بأنها القدرة على إحداث الأمور- على سبيل المثال تكسير مجموعة من الأشياء وزيادة حرارتها، وتحريكها.

تبادل الرسائل

عند تفاعل جسيمين من خلال إحدى القوى الأربع الأساسية، فإنهما يتبادلان رسلاً من الجسيمات بشكل مستمر. وتؤثر الجسيمات حاملة الرسائل فى حركات الجسيمات الأخرى مثل تأثير كرة التنس على حركات لاعب التنس. وقد تأخذ القوة شكل تنافر أو جذب.

الكشف عن الكواركات



تتمثل أقوى القوى جميعها فى القوة النووية القوية، والتى تحس بها جسيمات الكواركات فقط. فهى تربط جسيمات الكواركات بإحكام مع بعضها، ولم يلحظ إلى الآن وجودها منفردة. وخلال ثمانينيات القرن الماضى، كان الدليل على القوة الفعالة التى تحمل الكواركات والقوة الضعيفة هى التجارب التى أجريت فى ذلك المعجل العملاق الذى يطلق عليه اسم سنكروترون البروتون الفائق.

3 الطاقة الكامنة

يتم تحويل الطاقة الكامنة التى خزنت من لحظة إلى لحظة فى الكرة إلى طاقة حركية، وعليه تنطلق الكرة إلى أعلى. ومع ارتفاع الكرة فى الهواء، فإنها تفقد طاقتها الحركية. وعند سقوطها مرتدةً إلى الأرض بعد ذلك، فإنها سوف تستعيد سرعتها؛ لذا يوصف هذا الأمر بأنه تحول الطاقة الحركية إلى طاقة كامنة عند ارتفاع الكرة. وفى هذه الحالة، ترتبط الطاقة الكامنة بالارتفاع فوق الأرض.

قوة الجاذبية تجذب الكرة إلى الأرض، وتجذب الكرة الأرض بالقدر ذاته من القوة

تتحول الطاقة الكامنة إلى طاقة حركية ومن ثم تقفز الكرة إلى أعلى

2 اصطدام الكرة

عند ارتطام الكرة بالأرض، فإن قوة الجاذبية تعارضها القوة المغناطيسية الكهربائية. حيث تتنافر الإلكترونات الموجودة فى الطبقات الخارجية من ذرات كل من الكرة والأرض. لكن الدفع العلوى للقوة المغناطيسية الكهربائية يتغلب على الجذب السفلى للجاذبية. وعليه تتوقف الحركة فجأةً، لكن الطاقة الحركية للكرة تتحول إلى أشكال أخرى. فيتشتت بعضها عبر مادة الكرة والأرض فى شكل حرارة. ويُختزن البعض الآخر فى شكل طاقة الحمل (طاقة تنتظر أن تحرر) فى داخل الكرة. وتتعرض القوى الكهرومغناطيسية بين الذرات للتشويه بفعل تأثير ومحاولة استعادة الكرة لحالتها العادية. وعندما تنجح هذه المساعى تستعيد الكرة طاقتها الحركية.

المقدار المستقر

فى أى نظام منعزل نجد أن مقدار الكتلة الإجمالى والطاقة لا يتبدد لكنه يحفظ. على سبيل المثال، نجد فى المحرك البخارى أن طاقة الوقود الكيميائية تتحول إلى طاقة حرارية متمثلة فى النيران والبخار. وتتحول هذه الطاقة الحرارية بدورها إلى طاقة حركية متمثلة فى حركة العجلات التى يدفعها المحرك. ويُحفظ القدر الإجمالى من الكتلة والطاقة دائمًا بصرف النظر عن أى من القوى الرئيسية الأربع المتضمنة فى العملية.



ميلاد وموت المادة



نستطيع القول إن المقدار الكلى للكتلة والطاقة فى الكون لا يتغير أبدًا. وتبعًا لنظرية تتمتع بقبول واسع من الكثيرين، فإن الكون اشتمل قبل مليارات السنوات الماضية على مادة وطاقة ذات كثافة وحرارة عاليتين للغاية، لكنهما تعرضا للانفجار فى الانفجار الكونى العظيم. وحين تمدد الغاز وبرد، كونت جسيمات الكواركات البروتونات والنيوترونات، والتى كون بعض منها نويات الهليوم. وفى نهاية المطاف، تكونت ذرات الهيدروجين والهليوم الكاملة. ثم تكثف الغاز فى شكل سحب بحجم المجرات، والتى انقسمت إلى نجوم. وقد ينهار الكون فى المستقبل البعيد، ويجدد شبابه من خلال انفجار كونى عظيم جديد ويتمدد من جديد، لكن الاحتمال الأكثر ترجيحًا هو أن الكون سيتمدد دائمًا. وبعد أفول آخر نجم، فقد تنحل حتى البروتونات إلى جسيمات أخف كثيرًا وقد ينتهى الكون إلى هيئة بحر من الإلكترونات والنيوترينات وأشكال من الإشعاع.

الكون العنيف

اعتقد علماء الفلك الأوائل أن النجوم كانت ساكنة وغير متغيرة. لكن اتضح الآن أنها تولد وتحيا حياة عنيفة ثم تموت.

العودة بعقارب الساعة إلى الوراء

لا يمضى الزمن بالضرورة قدمًا، أو حتى بالسرعة ذاتها. وإذا قدر للكون الانهيار، فمن المحتمل أن يعود الزمن للوراء. ويمكن القول إن حركة الزمن تتباطأ بالنسبة للأجسام عالية السرعة - فرائد الفضاء الموجود فى مدار فى الفضاء لمدة عام يهرم بصور أبطأ (بمقدار واحد على مائة من الثانية) من الأناس الذين يعيشون على سطح الأرض. بل إنه حتى السفر عبر الزمن قد يكون أمرًا ممكنًا. إذ ترى بعض النظريات أنه من الممكن أن تتصل منطقتان من الكون من خلال «ثقب دودى»، يمر عبر أبعاد أخرى. وقد يظهر الجسم الذى يدخل طرف الثقب الدودى ثانيةً من الطرف الآخر مبكرًا.

البذور المتبعثرة

إن سديم السرطان عبارة عن كتلة غازية نجمت عن انفجار نجم مستعر أعظم (سوبرنوفا)، شاهده علماء الفلك الصينيون فى عام 1054، وهذا الغاز غنى بالعناصر التى تكونت فى قلب النجم، وستتبعثر هذه العناصر خلال الفضاء، وسيندمج بعضها فى كواكب جديدة فى أثناء ولادتها. وتجدر الإشارة إلى أن جميع العناصر الموجودة فى أجسادنا تكونت فى بعض النجوم العملاقة العتيقة التى انفجرت.



جاذبيـة المـادة المظلمـة

إن المجرات عبارة عن مجموعات ضخمة من النجوم والغاز والغبار. وقد يستغرق الضوء الذى ينتقل بسرعة 300,000 كيلو متر (حوالى 200,000 ميل) فى الثانية ـ حوالى 100,000 سنة لعبور إحدى المجرات. تتجمع المجرات فى شكل حشود تندفع مبتعدةً عن بعضها. وقد يكون ثمة مادة مظلمة لم تكتشف فى المساحات الشاسعة التى تمتد بين المجرات. وقد تكون جاذبية هذه المادة المظلمة كافيةً لإبطاء سرعة تمدد المجرات وانهيارها.

التاريخ الموجز للثقوب السوداء

يشتهر «ستيفن هوكنج» (1942–) بجهوده فى تفسير ميلاد الكون وكذلك بنظرياته المتعلقة بالثقوب السوداء. عندما تصبح المادة كثيفة بدرجة مفرطة كما هو الحال فى قلب أحد النجوم المنفجرة؛ فإن جاذبيتها تصبح قوية للغاية لدرجة أن كلاً من المادة والأشعة ـ بما فى ذلك الضوء ـ ينحبسان بداخلها. ويسمى هذا بالثقب الأسود. أوضح «هوكنج» أن الثقب الأسود يبث إشعاعاته ببطء شديد. ويُعد كتابه «التاريخ الموجز للزمن» أو (A Brief History of Time) الصادر فى عام 1988 أكثر أعماله الفكرية رواجًا.

قـدرة الخـالـق

ارتبط اسم «فريد هويل» (1915–) بنظرية «الحالة المستقرة»، والتى تنفى حدوث الانفجار الكونى العظيم، وترى أن المادة تتكون دائمًا خلال الفضاء. ويرى «هويل» أن ثمة بعض القوانين الفيزيائية تم وضعها بواسطة قوة فائقة الذكاء لإيجاد الظروف التى تجعل تطور الحياة القائمة على الكربون ممكنةً.

من الممكن للزمن أن يعود للوراء فى ظل الظروف العنيفة الموجودة فى الكون!!

العودة إلى البدايـة

إن أقوى الأدلة المتاحة للعلماء ـ إلى الآن ـ عن نظرية الانفجار الكونى العظيم هى إشعاع الخلفية الكونية. وهى عبارة عن أشعة ذات موجة صغيرة يمكن الكشف عن وجودها من خلال التلسكوبات الراديوية الضخمة مثل ذلك الموضح فى الصورة. وتأتى الأشعة دائمًا من جميع الاتجاهات فى السماء بنفس القوة، ويُعتقد أنها تنتقل عبر الفضاء منذ أن كان عمر الكون 100,000 عام. وحتى وقتنا هذا يعتقد أن الكون قد تكون من غاز متعادل (مؤين) ساخن ومتمدد (ص56–57). ثم برد هذا الغاز بدرجة كافية سمحت للإلكترونات والنويات بالارتباط وتكوين الذرات الأولى المكتملة.

الكشـــاف

مشاهدات علمية



المادة

بين يديك دليل رائع ومثير ، يزخر بالمعلومات التى تتناول القصة الساحرة للمادة. عرض بالصور الملونة للأدوات الأصلية كما استخدمها مبتكروها، والأجهزة العلمية الدقيقة، ونماذج ثلاثية الأبعاد، إضافةً إلى التجارب العلمية الموضحة التى تعيد إلينا الاكتشافات المذهلة التى غيرت مجرى فهمنا للعالم من حولنا.

شاهد

أدوات الكيميائيين والفيزيائيين الأوائل • الجزيئات المتحركة • بنية البلورات المختلفة • قضبان الوقود النووى • نظرة داخل مفاعل الاندماج النووى

تعلم

كيفية تقسيم العناصر • ما يحدث عند احتراق المواد • كيفية صناعة الزجاج وتسخينه وتشكيله ونفخه • كيف تتكون المركبات • الخواص المختلفة للسوائل والمواد الصلبة والغازات والمواد الغروية

اكتشف

المعادن الثلاثة الأكثر استخدامًا على نطاق واسع • ما يحدث عند تغير حالة المادة • كيفية «تصميم» الجزيئات لخدمة أغراض بعينها • كيف تم شطر الذرة • الاستخدامات المتعددة للكربون • تركيب الحامض النووى

وغير ذلك الكثير والكثير

نهضة مصر
للطباعة والنشر والتوزيع